

История небес

Роберт С. Болл

The Story of the Heavens

Robert S. Ball



Project Gutenberg

Электронная книга проекта Гутенберга " История небес "

Эта электронная книга предназначена для использования любым человеком в любой точке Соединенных Штатов и большинства других частей мира бесплатно и практически без каких-либо ограничений. Вы можете скопировать его, раздать или повторно использовать в соответствии с условиями лицензии Project Gutenberg, прилагаемой к этой книге, или онлайн по адресу www.gutenberg.org. Если вы находитесь за пределами Соединенных Штатов, вам необходимо ознакомиться с законами страны, в которой вы находитесь, прежде чем использовать эту электронную книгу.

Название: История небес

Автор: Роберт С. Болл

Дата выхода: 1 декабря 2008 [Электронная книга №27378]

Язык: Английский

Титры: Продюсеры К. Нордквист, Бренда Льюис, Стивен Хоуп, Грег Бергквист и команда онлайн-редакторов, распространяющих корректуру на <http://www.pgdp.net> (Этот файл был создан на основе изображений, щедро предоставленных Интернет-архивом / Американскими библиотеками.)

*** НАЧАЛО ПРОЕКТА ЭЛЕКТРОННОЙ КНИГИ ГУТЕНБЕРГА "ИСТОРИЯ НЕБЕС" ***

Примечание переписчика

Пунктуация и орфография оригинального текста точно сохранены. Исправлены только очевидные типографские ошибки.

ИСТОРИЯ НЕБЕС



ФОТО I.
ПЛАНЕТА САТУРН,
1872 ГОД.

История небес

СЭР РОБЕРТ СТАУЭЛЛ БОЛЛ, доктор права. D.Sc.

Автор книги "Звездная страна"

ЧЛЕН ЛОНДОНСКОГО КОРОЛЕВСКОГО ОБЩЕСТВА, ПОЧЕТНЫЙ ЧЛЕН КОРОЛЕВСКОГО ОБЩЕСТВА ЭДИНБУРГА, ЧЛЕН КОРОЛЕВСКОГО АСТРОНОМИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА, НАУЧНЫЙ СОВЕТНИК КОМИССАРОВ IRISH LIGHTS, ПРОФЕССОР АСТРОНОМИИ И ГЕОМЕТРИИ ЛОНДИНА В КЕМБРИДЖСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ И БЫВШИЙ КОРОЛЕВСКИЙ АСТРОНОМ ИРЛАНДИИ

С ДВАДЦАТЬЮ ЧЕТЫРЬМЯ ЦВЕТНЫМИ ТАБЛИЦАМИ И МНОГОЧИСЛЕННЫМИ ИЛЛЮСТРАЦИЯМИ

НОВОЕ И ПЕРЕРАБОТАННОЕ ИЗДАНИЕ

КАССЕЛЛ и КОМПАНИЯ с ограниченной ответственностью

ЛОНДОН, ПАРИЖ, НЬЮ-ЙОРК И МЕЛЬБУРН

1900

ВСЕ ПРАВА ЗАЩИЩЕНЫ



ПРЕДИСЛОВИЕ К ОРИГИНАЛЬНОМУ ИЗДАНИЮ.

Я должен выразить признательность за любезную помощь, которую я получил при подготовке этой книги.

Мистер Нэсмит разрешил мне использовать некоторые из прекрасных рисунков Луны, которые появились в хорошо известной работе, опубликованной им совместно с мистером Карпентером. Этому источнику я обязан Таблицами VII, VIII, IX, X. и рис. 28, 29, 30.

Профессор Пикеринг позволил мне скопировать некоторые рисунки, сделанные в обсерватории Гарвардского колледжа мистером Трувело, и я воспользовался его добротой для Фотографий I., IV., XII., XV.

Я в долгу перед профессором Лэнгли за таблицу II., перед мистером Де ла Рю за таблицу III. и XIV., мистеру Т.Э. Ки за таблицу XVII., профессору Скиапарелли за таблицу XVIII., покойному профессору К. Пиатци Смиту за рис. 100, мистеру Чемберсу за рис. 7, который был заимствован из его "Справочника описательной астрономии", доктору Стоуни за рис. 78 и доктору Коупленду и доктору Дрейеру за рис. 72. Я должен выразить признательность за ценную помощь, оказанную "Популярной астрономией" профессора Ньюкомба и "Солнцем" профессора Янга. При доработке тома мне любезно помог преподобный Максвелл Клоуз.

Я также должен поблагодарить доктора Коупленда и мистера Стила за их любезность при чтении всех корректур; время от времени я также прибегал к помощи мистера Кэткарта.

РОБЕРТ С. БОЛЛ.

Обсерватория, Дансинк, Колорадо, Дублин.
12 мая 1886 г.

ПРИМЕЧАНИЕ К ЭТОМУ ИЗДАНИЮ.

В настоящем издании я воспользовался возможностью пересмотреть работу в соответствии с недавними достижениями астрономии. Я в долгу перед Королевским астрономическим обществом за разрешение воспроизвести некоторые фотографии из их опубликованной серии, а также перед мистером Генри Ф. Гриффитсом за прекрасные рисунки Юпитера, с которых взят снимок XI. был подготовлен.

РОБЕРТ С. БОЛЛ.

Кембридж,
1 мая 1900 г..

Содержание.

	страница
Введение	1
глава	
I. Астрономическая обсерватория	9

II. Солнце	29
III. Луна	70
IV. Солнечная система	107
В. Закон всемирного тяготения	122
VI. Планета романтики	150
VII. Меркурий	155
VIII. Венера	167
IX. Земля	192
X. Марс	208
XI. Малые планеты	229
XII. Юпитер	245
XIII. Сатурн	268
XIV. Уран	298
XV. Нептун	315
XVI. Кометы	336
XVII. Падающие звезды	372
XVIII. Звездное небо	409
XIX. Далекие Солнца	425
XX. Двойные звезды	434
XXI. Расстояния между Звездами	441
XXII. Звездные скопления и туманности	461
XXIII. Физическая природа звезд	477
XXIV. Прецессия и нутация Земной оси	492
XXV. Аберрация света	503
XXVI. Астрономическое значение тепла	513
XXVII. Приливы и отливы	531
Приложение	558

СПИСОК НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ.

ТАБЛИЧКА

	Фронтиспис	
I. Планета Сатурн		
II. Типичное солнечное пятно,	Обращенное к странице	9
A. Солнце	" "	44
III. Пятна и факулы на Солнце	" "	37
IV. Солнечные протуберанцы или языки пламени	" "	57
V. Солнечная корона	" "	62
VI. Карта поверхности Луны	" "	81
B. Часть Луны	" "	88
VII. Лунный кратер Триснекер	" "	93

VIII. Обычный лунный кратер	"	"	97
IX. Лунный кратер Платон	"	"	102
X. Лунный кратер Тихо	"	"	106
XI. Планета Юпитер	"	"	254
XII. Комета Когджи	"	"	340
С. Комета А., 1892, 1 Свифт	"	"	358
XIII. Спектры Солнца и трех Звезд	"	"	47
Д. Млечный Путь, вблизи Мессье II.	"	"	462
XIV. Большая туманность в созвездии Ориона	"	"	466
XV. Большая туманность в Андромеде	"	"	468
Е. Туманности в Плеядах	"	"	472
Ф. ω Центавра	"	"	474
XVI. Туманности, наблюдаемые в телескоп Лорда Росса	"	"	476
XVII. Комета 1882 года	"	"	357
XVIII. Карта Марса Скиапарелли	"	"	221

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ.

РИС.	СТРАНИЦА
1. Принцип действия телескопа-рефрактора	11
2. Южно-Экваториальный купол в обсерватории Дансинк, Колорадо, Дублин	12
3. Секция купола обсерватории Дансинк	13
4. Телескоп в Йеркской обсерватории, Чикаго	15
5. Принцип работы телескопа-рефлектора Гершеля	16
6. Южный фасад Йеркской обсерватории, Чикаго	17
7. Телескоп лорда Росса	18
8. Меридианный круг	20
9. Большая Медведица	27
10. Сравнительные размеры Земли и Солнца	30
11. Солнце, сфотографированное 22 сентября 1870 г.	33
12. Фотография поверхности Солнца	35
13. Обычное солнечное пятно	36
14. Наблюдения Шайнера над солнечными пятнами	38
15. Зоны на поверхности Солнца, в которых появляются пятна	39
16. Текстура Солнца и маленькое пятно	43
17. Призма	45
18. Рассеивание света Призмой	46
19. Протуберанцы, наблюдаемые при полных затмениях	53
20. Вид Короны во время полного затмения	62
21. Вид Короны во время затмения 22 января 1898 г.	63

22.	Зодиакальный свет в 1874 году	69
23.	Сравнительные размеры Земли и Луны	73
24.	Путь Луны вокруг Солнца	76
25.	Фазы Луны	76
26.	Тень и полутень Земли	78
27.	Ключ к карте Луны (Таблица VI.)	81
28.	Действующий лунный вулкан: теория Нэсмита	97
29.	Лунный вулкан: последующая слабая активность	97
30.	Лунный вулкан: образование дна лавой	98
31.	Орбиты четырех внутренних планет	115
32.	Движение Земли	116
33.	Орбиты четырех планет-гигантов	117
34.	Видимый размер Солнца с различных планет	118
35.	Сравнительные размеры планет	119
36.	Иллюстрация движения Луны	130
37.	Рисование эллипса	137
38.	Изменение скорости эллиптического движения	140
39.	Равные площади за одинаковое время	141
40.	Транзит Романской планеты	153
41.	Изменения фазы и видимого размера Меркурия	160
42.	Меркурий в виде полумесяца	161
43.	Венера, 29 мая 1889 г.	170
44.	Различные аспекты Венеры в телескоп	171
45.	Венера на Солнце при транзите 1874 г.	177
46.	Траектории Венеры по Солнцу при транзитах 1874 и 1882 гг.	179
47.	Прохождение Венеры, видимое из двух мест	183
48.	Орбиты Земли и Марса	210
49.	Видимые движения Марса в 1877 году	212
50.	Относительные размеры Марса и Земли	216
51, 52.	Рисунки Марса	217
53.	Возвышения и впадины на терминаторе Марса	217
54.	Южная полярная шапка Марса	217
55.	Зона малых планет между Марсом и Юпитером	234
56.	Относительные размеры Юпитера и Земли	246
57-60.	Затмение Юпитера	255
61.	Юпитер и его четыре спутника	258
62.	Исчезновения спутников Юпитера	259
63.	Способ измерения скорости света	264
64.	Сатурн	270

65.	Относительные размеры Сатурна и Земли	273
66.	Метод измерения вращения колец Сатурна	288
67.	Способ измерения вращения колец Сатурна	289
68.	Прохождение Титана и его Тени	295
69.	Параболический путь кометы	339
70.	Орбита кометы Энке	346
71.	Хвост кометы, направленный от Солнца	363
72.	Теория кометных хвостов Бредихина	366
73.	Хвосты кометы 1858 года	367
74.	Комета 1744 года	368
75.	Путь Огненного шара 6 ноября 1869 г.	375
76.	Орбита скопления метеоров	378
77.	Лучистая точка падающих Звезд	381
78.	История Леонидов	385
79.	Фрагмент метеорита Чако	398
80.	Большая Медведица и Полярная звезда	410
81.	Большая Медведица и Кассиопея	411
82.	Большой квадрат Пегаса	413
83.	Персей и соседние с ним Звезды	415
84.	Плеяды	416
85.	Орион, Сириус и соседние Звезды	417
86.	Кастор и Поллукс	418
87.	Большая Медведица и Лев	419
88.	Боги и Корона	420
89.	Дева и соседние созвездия	421
90.	Созвездие Лирь	422
91.	Вега, Лебедь и Орел	423
92.	Орбита Сириуса	426
93.	Параллактический эллипс	444
94.	61 Лебедь и звезды сравнения	447
95.	Параллакс в склонении 61 Лебедя	450
96.	Шаровое скопление в Геркулесе	463
97.	Положение Большой туманности в Орионе	466
98.	Кратная звезда θ Орион	467
99.	Туманность N.G.C. 1499	471
100.	Звездная карта, показывающая прецессионное движение	493
101.	Иллюстрация прецессионного движения	495

THE

История небес.

"История небес" - так называется наша книга. Нам действительно предстоит рассказать удивительную историю; и если бы мы могли рассказать ее адекватно, она вызвала бы безграничный интерес и изысканную красоту. Это приводит к созерцанию грандиозных явлений природы и великих достижений человеческого гения.

Давайте перечислим несколько вопросов, которыми, естественно, задастся тот, кто стремится узнать что-нибудь о тех великолепных светилах, украшающих наше небо: что такое Солнце — насколько оно горячее, насколько большое и насколько далекое? Откуда исходит ее тепло? Что такое Луна? Каковы ее ландшафты? Как движется наш спутник? Как он связан с землей? Являются ли планеты глобусами, подобными тем, на которых мы живем? Насколько они велики и как далеко от нас? Что мы знаем о спутниках Юпитера и кольцах Сатурна? Как был открыт Уран? Каким был интеллектуальный триумф, благодаря которому на свет появилась планета Нептун? Тогда, что касается других тел нашей системы, что мы можем сказать об этих загадочных объектах, кометах? Можем ли мы разгадать законы их, казалось бы, капризных движений? Знаем ли мы что-нибудь об их природе и о чудесных хвостах, которыми они часто украшены? Что можно сказать о падающих звездах, которые так часто врываются в нашу атмосферу и исчезают в лучах сияния? Какова природа тех созвездий ярких звезд, которые были известны с незапамятных времен, и множества звезд поменьше, которые обнаруживают наши телескопы? Может ли быть правдой, что эти бесчисленные сферы на самом деле являются величественными солнцами, погруженными на ужасающую глубину в бездну непостижимого пространства? Что мы можем сказать о различных разновидностях звезд — цветных звездах, переменных звездах, двойных звездах, множественных звездах, звездах, которые кажутся движущимися, и звездах, которые кажутся покоящимися? Что с этими великолепными объектами, большими звездными скоплениями? Что с Млечным Путем? И, наконец, что мы можем узнать о чудесных туманностях, которые обнаруживают наши телескопы, находящиеся на неизмеримом расстоянии? Таковы некоторые из вопросов, которые возникают, когда мы размышляем о тайнах небес.

История астрономии в одном отношении слишком похожа на многие другие истории. Самая ранняя ее часть полностью и безнадежно утрачена. Звезды были изучены, и было сделано несколько великих астрономических открытий, за неисчислимые века до тех, к которым относятся наши самые ранние исторические записи. Например, наблюдение видимого движения солнца и различие планет и неподвижных звезд следует отнести к открытиям доисторических эпох. Нельзя также сказать, что эти достижения касались вопросов очевидного характера. Древняя астрономия может показаться очень элементарной тем современным людям, которые с детства были знакомы с великими истинами природы, но на заре развития науки люди, совершившие такие открытия, о которых мы упоминали, должно быть, были проницательными философами.

Из всех астрономических явлений первым и наиболее очевидным является восход и заход солнца. Мы можем предположить, что на заре развития человеческого разума эти повседневные явления стали бы одной из первых проблем, привлечших внимание тех, чьи мысли возвышались над животными тревогами повседневного существования. Солнце садится и исчезает на западе. На следующее утро солнце восходит на востоке, движется по небу и тоже исчезает на западе; одни и те же явления повторяются каждый день. Для нас очевидно, что солнце, которое появляется каждый день, - это одно и то же солнце; но это не

показалось бы разумным тому, кто думал, что его чувства показывают ему, что земля представляет собой плоскую равнину неопределенной протяженности, и что вокруг населенных регионов со всех сторон простираются на огромные расстояния либо пустынные просторы, либо бездорожные океаны. Как могло то же самое солнце, которое погрузилось в океан на сказочном расстоянии на западе, появиться на следующее утро на таком же большом расстоянии на востоке? Древняя мифология утверждала, что после того, как солнце опустилось в западный океан на закате (иберийцы и другие древние народы действительно воображали, что слышат шипение воды, когда в нее погружают светящийся шар), он был схвачен Вулканом и помещен в золотой кубок. Это странное судно с его поразительным грузом плыло по океану северным курсом, чтобы снова достичь востока как раз к восходу солнца на следующее утро. Среди ранних физиков прошлого считалось, что каким-то образом солнце ночью перемещалось по северным регионам, и что темнота была вызвана высокими горами, которые закрывали солнечные лучи во время путешествия.

С течением времени было сочтено более рациональным предположить, что солнце действительно совершало свой путь под твердой землей в течение ночи. Более того, первые астрономы научились распознавать неподвижные звезды. Было замечено, что, подобно солнцу, многие из этих звезд восходили и заходили в результате суточного движения, в то время как луна, очевидно, следовала аналогичному закону. Таким образом, философы учили, что различные небесные тела имеют обыкновение на самом деле проходить под твердой землей.

Признанием того, что все содержимое небес совершает эти движения, был решительно сделан важный шаг в понимании устройства Вселенной. Было ясно, что земля не может быть плоскостью, простирающейся на бесконечно большое расстояние. Также было очевидно, что у земли под нашими ногами должна быть конечная глубина. Более того, стало ясно, что какой бы ни была форма земли, она, во всяком случае, была чем-то отделенным от всех других тел и удерживалась в пространстве без видимой опоры. Когда об этом открытии было впервые объявлено, оно, должно быть, показалось очень поразительной правдой. Было так трудно осознать, что твердая земля, на которой мы стоим, ни на чем не покоится! Что могло удержать ее от падения? Как можно было бы поддерживать его без осязаемой поддержки, подобной легендарному гробу Магомета? Но как ни трудно было принять это учение, все же его необходимая истинность в свое время вызвала одобрение, и наука астрономия начала существовать. Смена времен года и повторяемость сроков посева и сбора урожая, должно быть, с самых ранних времен были связаны с определенными изменениями положения солнца. Летом в полдень солнце поднимается высоко в небе, зимой оно всегда стоит низко. Таким образом, наше светило совершает ежегодное движение вверх и вниз по небу, а также суточное движение восхода и захода солнца. Но есть и третий вид изменения положения солнца, который не столь очевиден, хотя его все еще можно обнаружить при помощи нескольких тщательных наблюдений, если сочетать его с философской привычкой к размышлениям. Самые первые наблюдатели за звездами вряд ли могли не заметить, что созвездия, видимые ночью, менялись в зависимости от времени года. Например, блестящая фигура Ориона, хотя и так хорошо видимая зимними ночами, отсутствует на летнем небе, и ее место тогда занимают совсем другие группы звезд. То же самое можно сказать и о других созвездиях. Таким образом, каждое время года может характеризоваться звездными объектами, которые заметны ночью. Действительно, в древние времена время начала цикла сельскохозяйственных занятий иногда указывалось по положению созвездий вечером.

Размышляя над этими фактами, первые астрономы получили возможность продемонстрировать видимое годовое движение солнца. Не могло быть никакого

рационального объяснения изменениям созвездий в зависимости от времени года, кроме предположения, что положение солнца менялось таким образом, чтобы совершить полный оборот по небу в течение года. Это движение солнца можно подтвердить, посмотрев на запад после захода солнца и понаблюдав за звездами. С течением сезона каждый вечер можно заметить, что созвездия, кажется, опускаются все ниже и ниже к западу, пока, наконец, не становятся невидимыми на фоне яркого неба. Исчезновение объясняется предположением, что солнце, по-видимому, постоянно восходит с запада, чтобы встретиться со звездами. Это движение, конечно, не следует путать с обычным суточным восходом и заходом солнца, в котором участвуют все небесные тела. Следует понимать, что, помимо воздействия общего движения, наше светило имеет медленное независимое движение в противоположном направлении; так что, хотя солнце и звезда могут заходить сегодня в одно и то же время, но поскольку завтра солнце немного сместится к востоку, из этого следует, что звезда должна заходить на несколько минут раньше солнца. [1]

Терпеливые наблюдения первых астрономов позволили установить траекторию движения солнца по небу, и было обнаружено, что в своем кругообороте среди звезд и созвездий наше светило неизменно следовало по одному и тому же пути. Это называется *эклиптикой*, и созвездия, через которые она проходит, образуют пояс вокруг небес, известный как *зодиак*. В древности она была разделена на двенадцать равных частей, или "знаков", чтобы можно было удобно указывать этапы великого путешествия солнца. Продолжительность года, или период, необходимый солнцу для прохождения своего пути по небу, по-видимому, был впервые установлен астрономами, имена которых неизвестны. О мастерстве ранних восточных геометров также свидетельствует их определение положения эклиптики относительно небесного экватора и их успех в измерении угла между этими двумя важными кругами на небе.

Основные особенности движения Луны также были замечены разумными людьми в древности, более отдаленной, чем история. Внимательный наблюдатель воспринимает важную истину о том, что луна не занимает фиксированного положения на небе. В течение одной ночи тот факт, что луна переместилась по небу с запада на восток, можно заметить, отметив ее положение относительно соседних звезд. Действительно, вероятно, что движение Луны было открыто раньше, чем годовое движение солнца, поскольку оно является непосредственным следствием простого наблюдения и требует лишь небольшого напряжения каких-либо интеллектуальных сил. В доисторические времена также было установлено время обращения Луны, и фазы нашего спутника были правильно отнесены к изменяющемуся аспекту, под которым освещенная солнцем сторона повернута к земле. В доисторические времена луна вращалась вокруг солнца.

Но мы далеко не исчерпали список великих открытий, дошедших из неизвестной древности. Были даны правильные объяснения поразительному явлению лунного затмения, при котором блестящая поверхность временно погружается во тьму, а также еще более впечатляющему зрелищу солнечного затмения, при котором само солнце частично или даже полностью затемняется. Кроме того, проницательность первых астрономов позволила им обнаружить пять блуждающих звезд или планет: они проследили за движением Меркурия и Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна. Они с благоговением наблюдали за различными конфигурациями этих планет: и точно так же, как солнце и, в меньшей степени, луна были тесно связаны с делами повседневной жизни, так и в воображении этих первых исследователей считалось, что движение планет несет в себе человеческое благо или горе. В конце концов был замечен определенный порядок, управляющий внешне капризными движениями планет. Было обнаружено, что они подчиняются определенным законам.

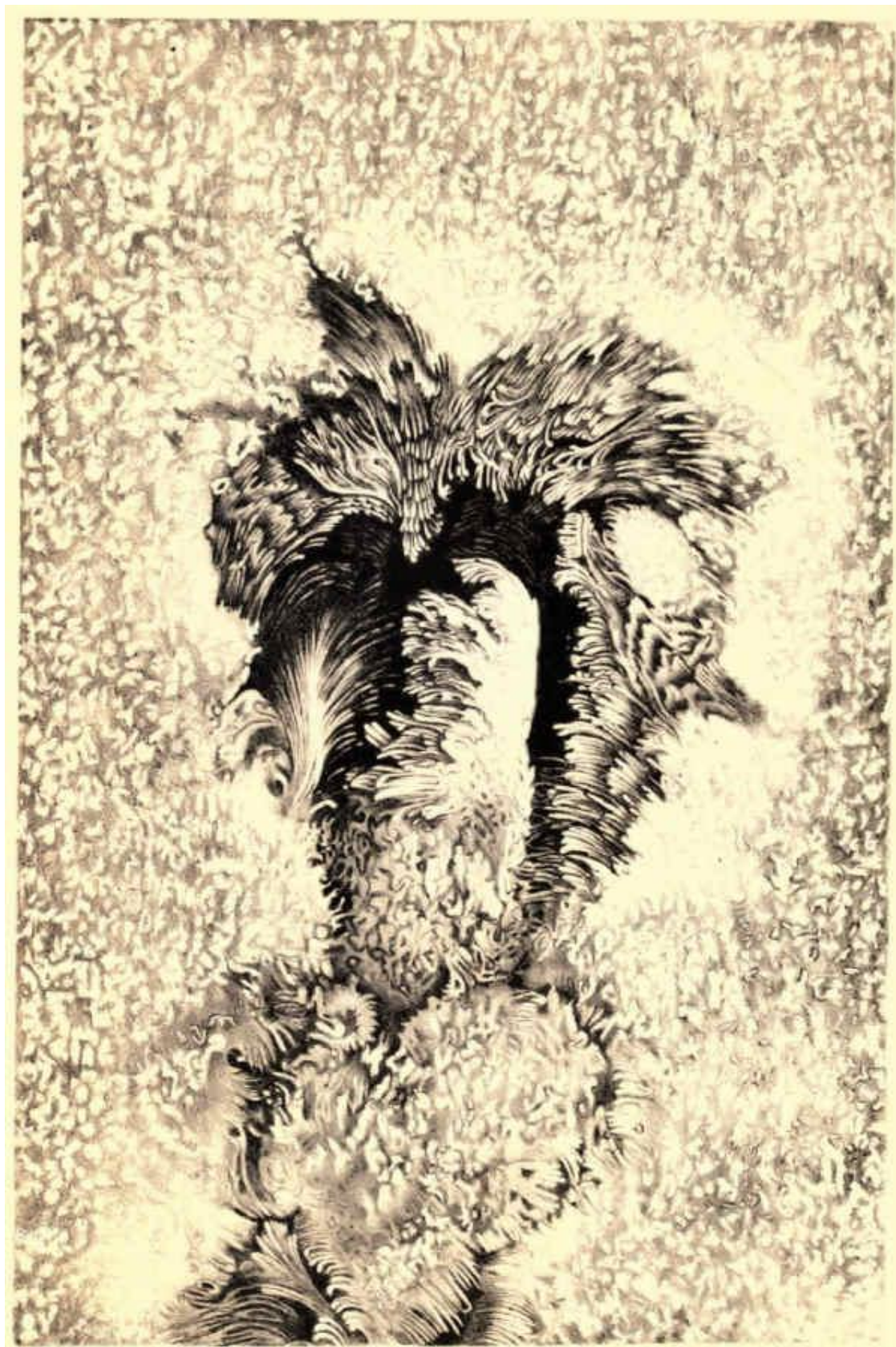
Развитие науки геометрии шло рука об руку с изучением астрономии: и по мере того, как мы переходим от смутных доисторических эпох к историческому периоду, мы обнаруживаем, что теория небесных явлений уже обладала некоторой степенью согласованности.

Птолемей, следуя Пифагору, Платону и Аристотелю, признал, что земля имеет шарообразную форму, и продемонстрировал это с помощью тех же аргументов, которые мы используем в наши дни. Он также понял, насколько этот могучий шар был изолирован в космосе. Он допускал, что суточное движение небес может быть объяснено вращением земли вокруг своей оси, но, к сожалению, он привел причины для преднамеренного отклонения этой точки зрения. Земля, по его словам, была неподвижным телом; она не обладала ни вращением вокруг оси, ни перемещением в пространстве, но постоянно находилась в состоянии покоя в том месте, которое он считал центром вселенной. Согласно теории Птолемея, солнце и луна двигались по круговым орбитам вокруг Земли в центре. Объяснение движения планет показалось ему более сложным, поскольку необходимо было учитывать тот факт, что планета иногда продвигалась вперед, а иногда отступала назад. Древние геометры отказывались верить, что для небесного тела возможно какое-либо движение, кроме вращения по кругу: соответственно, было изобретено устройство, с помощью которого предполагалось, что каждая планета вращается по кругу, центр которого описывает другой круг вокруг земли.

Хотя в настоящее время известно, что доктрина Птолемея была основана на довольно экстравагантной оценке важности земли в схеме расположения небес, все же следует признать, что видимые движения небесных тел могут быть таким образом объяснены со значительной точностью. Эта теория описана в великом труде, известном как "Альмагест", который был написан во втором веке нашей эры и на протяжении четырнадцати столетий считался окончательным авторитетом по всем вопросам астрономии.

Такова была система астрономии, господствовавшая в Средние века и дискредитированная только в эпоху, почти одновременную с эпохой открытия Нового Света Колумбом. Истинное устройство солнечной системы было затем изложено Коперником в великом труде, которому он посвятил свою жизнь. Первый принцип, установленный в результате этих трудов, показал, что суточное движение небес обусловлено вращением земли вокруг своей оси. Коперник указал на фундаментальную разницу между реальными и кажущимися движениями; он доказал, что явления, проявляющиеся в ежедневных восходах и заходах солнца и звезд, могут быть объяснены предположением, что земля вращается, так же удовлетворительно, как и более громоздким предположением Птолемея. Более того, он показал, что последнее предположение должно приписывать звездам почти бесконечную скорость, так что вращение всей вселенной вокруг Земли было явно нелепым предположением. Второй великий принцип, который даровал бессмертную славу Копернику, определил земле ее истинное положение во Вселенной. Коперник перенес центр, вокруг которого вращаются все планеты, с земли на солнце; и он установил несколько уничижительную истину, что наша земля - всего лишь планета, идущая по пути между Венерой и Марсом и подчиненная, как и все другие планеты, верховной власти Солнца.

Эта великая революция смела с астрономии те искаженные представления о важности Земли, которые возникли, возможно, не без оснований, из-за того факта, что мы проживаем именно на этой планете. За достижениями Коперника вскоре должно было последовать изобретение телескопа, этого замечательного инструмента, с помощью которого была создана современная наука астрономия. Рассмотрению этого важного вопроса мы посвятим первую главу нашей книги.



ТАБЛИЧКА II.

ТИПИЧНОЕ СОЛНЕЧНОЕ ПЯТНО.
(ПОСЛЕ ЛЭНГЛИ.)

ГЛАВА I.

АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ.

Ранние астрономические наблюдения—Обсерватория Тихо Браге—Зрачок глаза—Видение слабых объектов—Телескоп—Предметное стекло—Преимущества больших телескопов—Экваториальная—Обсерватория—Мощность телескопа—Отражающие телескопы—Большой рефлектор Лорда Росса в Парсонстауне—Как используется мощный телескоп—Точные приборы—Меридиональный круг—Паутинные линии—Деликатность наведения телескопа—Меры предосторожности, необходимые при проведении наблюдений—Идеальный инструмент и практичный—Устранение ошибок—Гринвичская обсерватория—Обычный театральный бинокль как астрономический инструмент —Большая Медведица—Подсчет звезд в Созвездии—Как стать Наблюдателем.

Самые ранние зачатки астрономической обсерватории так же малоизвестны, как и самые ранние открытия в самой астрономии. Вероятно, первое применение инструментальных наблюдений к небесным телам состояло в простой операции измерения тени столба, отбрасываемой солнцем в полдень. Изменения в длине этой тени позволяли первобытным астрономам исследовать видимые движения солнца. Но даже в очень ранние времена использовались специальные астрономические инструменты, которые обладали достаточной точностью, чтобы пополнить объем астрономических знаний, и демонстрировали значительную изобретательность со стороны проектировщиков.

Профессор Ньюкомб [2] таким образом, пишет: "Лидером был Тихо Браге, родившийся в 1546 году, через три года после смерти Коперника. Впервые его внимание было привлечено к изучению астрономии солнечным затмением 21 августа 1560 года, которое было полным в некоторых частях Европы. Пораженный тем, что такое явление можно было предсказать, он посвятил себя изучению методов наблюдения и расчетов, с помощью которых было сделано предсказание. В 1576 году король Дании основал знаменитую обсерваторию в Ураниборге, в которой Тихо провел двадцать лет, усердно занимаясь наблюдениями за положением небесных тел с помощью лучших инструментов, которые только можно было тогда изготовить. Это было незадолго до изобретения телескопа, так что астроном не мог воспользоваться этим мощным инструментом. Следовательно, его наблюдения были заменены улучшенными наблюдениями последующих столетий, и их известность и важность в основном обусловлены тем, что они предоставили Кеплеру средства для открытия его знаменитых законов движения планет".

Направление Галилеем телескопа на небо дало замечательный импульс изучению небесных тел. Этот выдающийся человек занимает видное место в истории астрономии не только благодаря своей связи с этим величайшим изобретением, но и благодаря своим достижениям в более абстрактных областях астрономии. Он родился в Пизе в 1564 году, а в 1609 году был построен первый телескоп, используемый для астрономических наблюдений. Галилей умер в 1642 году, в год рождения Ньютона. Именно Галилей основательно заложил основы науки Динамики, самой блестящей иллюстрацией которой является астрономия; и именно он, обнародовав доктрины, которым учил Коперник, навлек на себя гнев инквизиции.

Строение человеческого глаза в том, что касается точной адаптации зрачка, представляет нам подходящую иллюстрацию принципа работы телескопа. Чтобы увидеть объект, необходимо, чтобы свет от него попадал в глаз. Портал, через который поступает свет, - это зрачок. Днем, при ярком освещении, радужная оболочка уменьшает размер зрачка и, таким

образом, предотвращает попадание слишком большого количества света. Ночью или всякий раз, когда света мало, глазу часто требуется охватить все, что он может. Затем зрачок расширяется; по мере увеличения зрачка пропускается все больше и больше света. Таким образом, освещение изображения на сетчатке эффективно контролируется в соответствии с требованиями зрения.

Звезда передает нам свои слабые лучи света, и из этих лучей формируется изображение. Однако даже при наиболее широко раскрытом зрачке может случиться так, что изображение будет недостаточно ярким, чтобы вызвать зрительное ощущение. Здесь нам на помощь приходит телескоп: он улавливает все лучи в пучке, первоначальные размеры которого были слишком велики, чтобы позволить ему пройти через зрачок. Действие линз концентрирует эти лучи в поток, достаточно тонкий, чтобы проходить через небольшое отверстие. Таким образом, мы усиливаем яркость изображения на сетчатке. На него падает почти столько же света, сколько было бы собрано от того же объекта через зрачок размером с большие линзы телескопа.

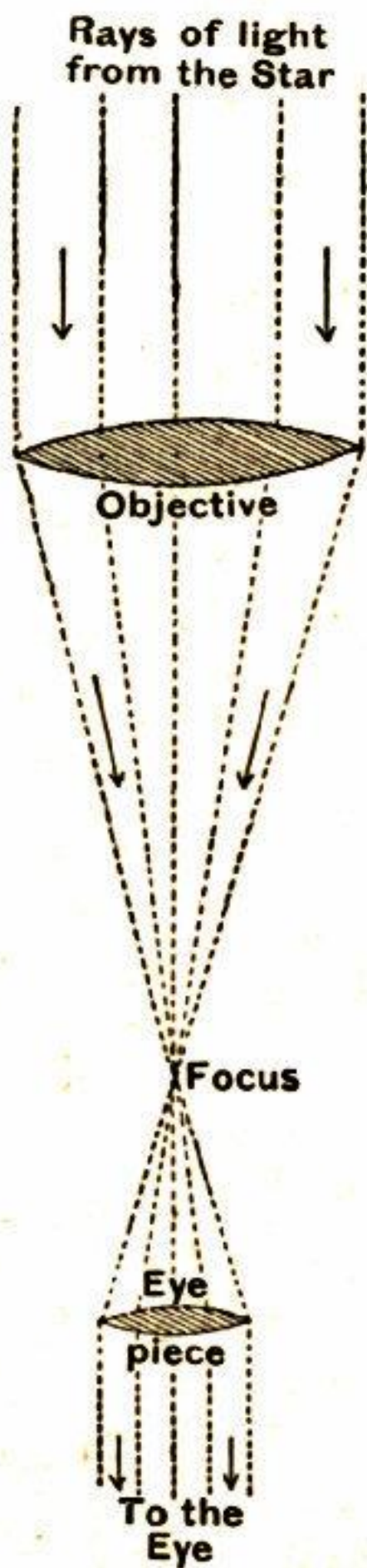


Рис. 1. Принцип работы телескопа—рефрактора.

В астрономических обсерваториях мы используем телескопы двух совершенно разных классов. Более знакомыми формами являются те, которые известны как *рефракторы*, в которых операция конденсации лучей света осуществляется за счет преломления. Характер рефрактора показан на рис. 1. Лучи от звезды падают на объективное стекло на конце телескопа и, проходя через него, преломляются в сходящийся луч, так что все они пересекаются в фокусе. Расходясь оттуда, лучи сталкиваются с окуляром, что приводит к восстановлению их параллельности. Большой цилиндрический луч, падавший на предметное стекло, был, таким образом, сконденсирован в маленький луч, который может проникать в зрачок. Следует, однако, добавить, что сложная природа света требует более сложной формы предметного стекла, чем простая линза, показанная здесь. В телескопе-рефракторе мы должны использовать так называемую ахроматическую комбинацию, состоящую из одной линзы из кремневого стекла и одной линзы из корончатого стекла, подобранных друг к другу с особой тщательностью.

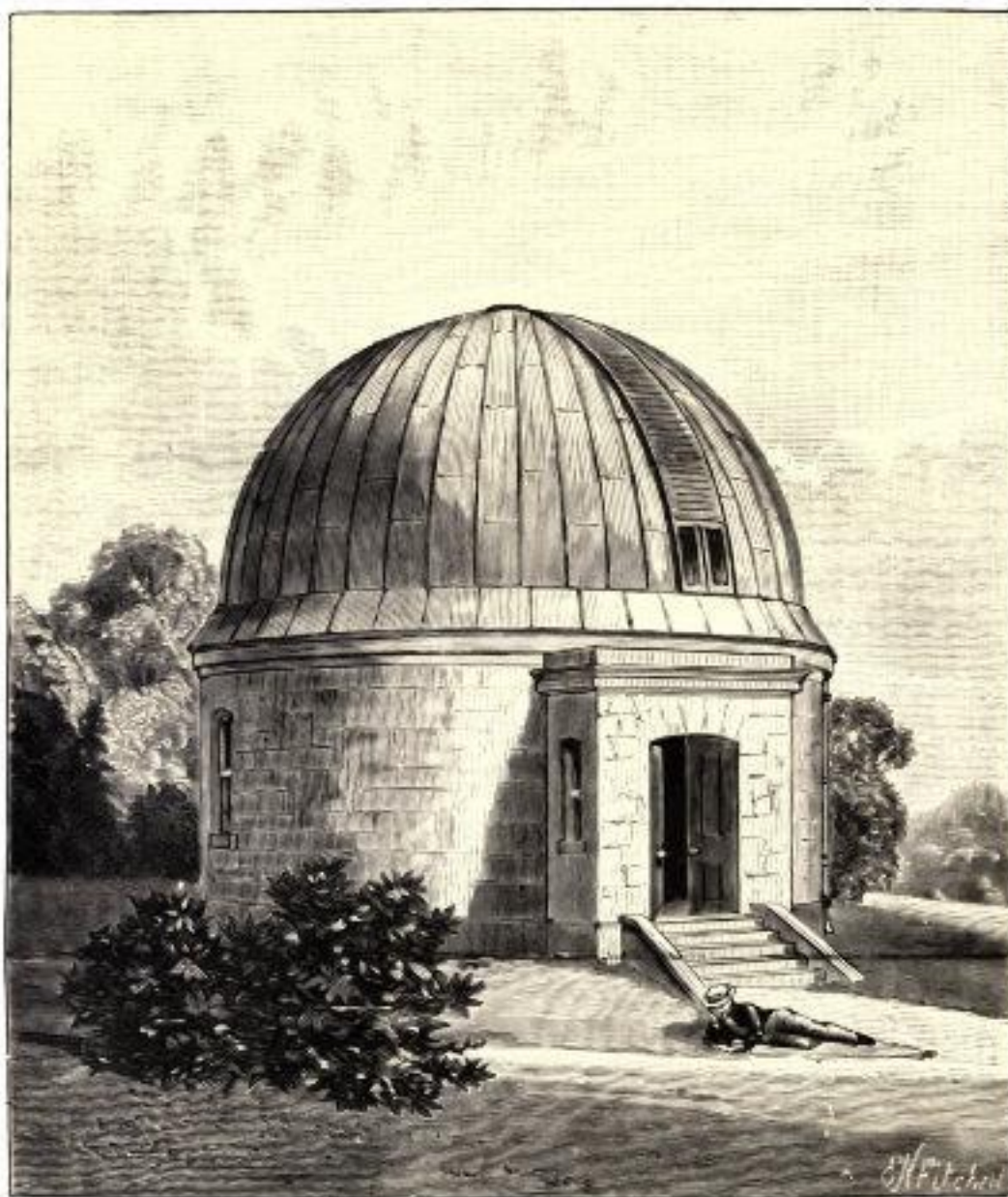


Рис. 2. Купол

Южного экватора в обсерватории Дансинк в Дублине.

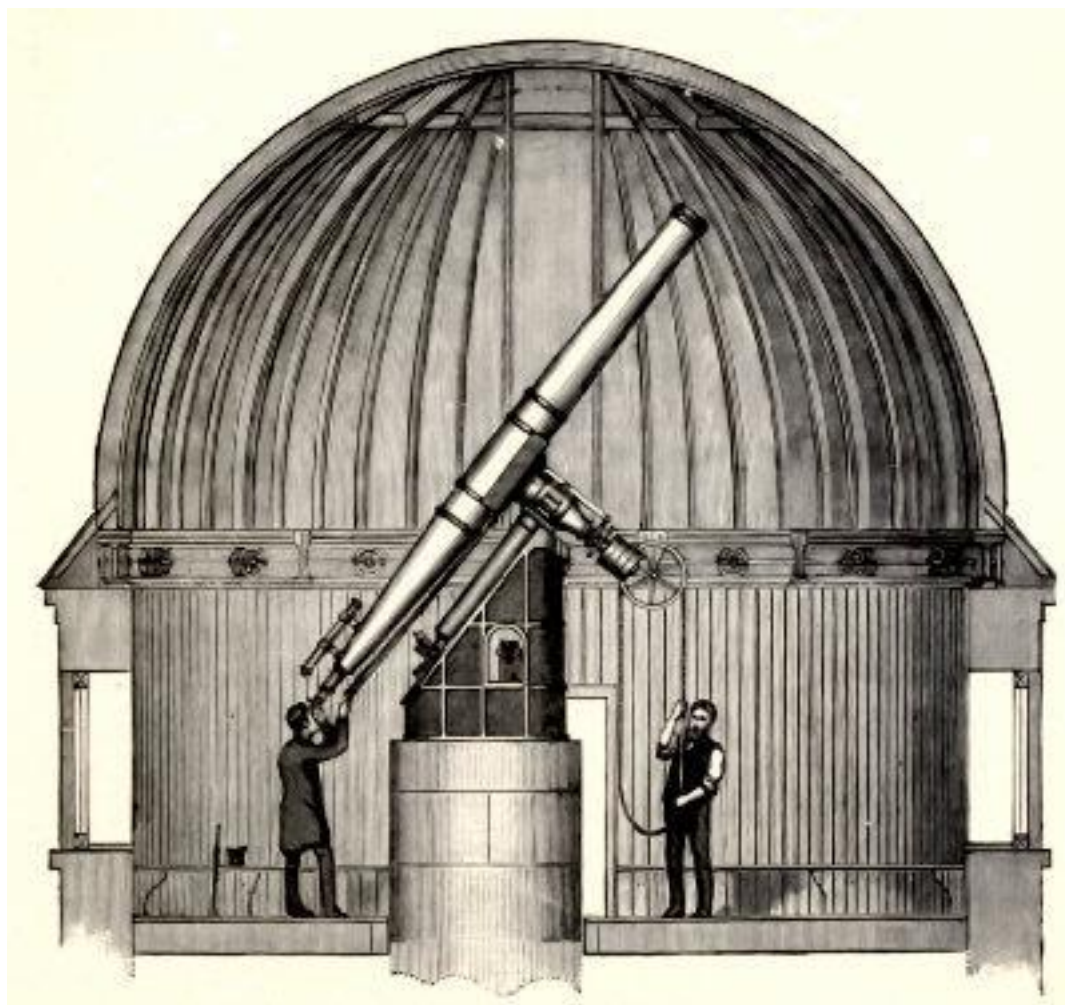


Рис. 3. Секция

купола обсерватории Дансинка.

Внешний вид астрономической обсерватории, предназначенной для размещения инструмента средних размеров, показан на прилагаемых рисунках. Первый (рис. 2) представляет собой купол, установленный в обсерватории Дансинк для экваториального телескопа, предметное стекло которого было подарено Совету директоров Тринити-колледжа в Дублине покойным сэром Джеймсом Саутом. Основная часть здания представляет собой цилиндрическую стену, на вершине которой покоится полусферическая крыша. На этой крыше есть ставень, который можно открыть, чтобы в телескоп, расположенный внутри, можно было увидеть небеса. Купол способен вращаться таким образом, что отверстие может быть обращено к той части неба, где случайно находится объект. На следующем снимке (рис. 3) показан разрез купола, показывающий механизм, с помощью которого обслуживающий персонал приводит его во вращение, а также сам телескоп. Глаз наблюдателя помещается на окуляр, и он изображен в процессе поворота ручки, которая позволяет медленно перемещать телескоп, чтобы точно настроить инструмент на небесное тело, которое желательно наблюдать. Две линзы, которые вместе образуют объективное стекло этого прибора, имеют диаметр двенадцать дюймов, и качество телескопа в основном зависит от точности, с которой были изготовлены эти линзы. Окуляр сравнительно прост. Он состоит всего из одной или двух маленьких линз; можно использовать различные окуляры в зависимости от желаемой силы увеличения. Следует отметить, что для многих целей астрономии нежелательны большие увеличения. Также существует предел, за которым увеличение не может быть осуществлено с пользой.

Объективное стекло может улавливать только определенное количество света от звезды; и если увеличительная сила будет слишком велика, это ограниченное количество света будет тонко рассеяно по слишком большой поверхности, и результат будет признан неудовлетворительным. Неустойчивость атмосферы еще больше ограничивает степень, до которой изображение может быть выгодно увеличено, поскольку каждое увеличение мощности в той же степени увеличивает атмосферное возмущение.

Телескоп, установленный показанным здесь способом, называется *экваториальным*. Удобство такого своеобразного способа крепления прибора заключается в легкости, с которой телескоп можно перемещать таким образом, чтобы следить за звездой в ее видимом путешествии по небу. Необходимые движения трубки задаются часовым механизмом, приводимым в движение грузиком, так что, как только инструмент будет правильно наведен, звезда останется в поле зрения наблюдателя, и эффект видимого суточного движения будет нейтрализован. Последним усовершенствованием в этом направлении является применение электрического устройства, с помощью которого управление приводом прибора осуществляется с помощью стандартных часов обсерватории.

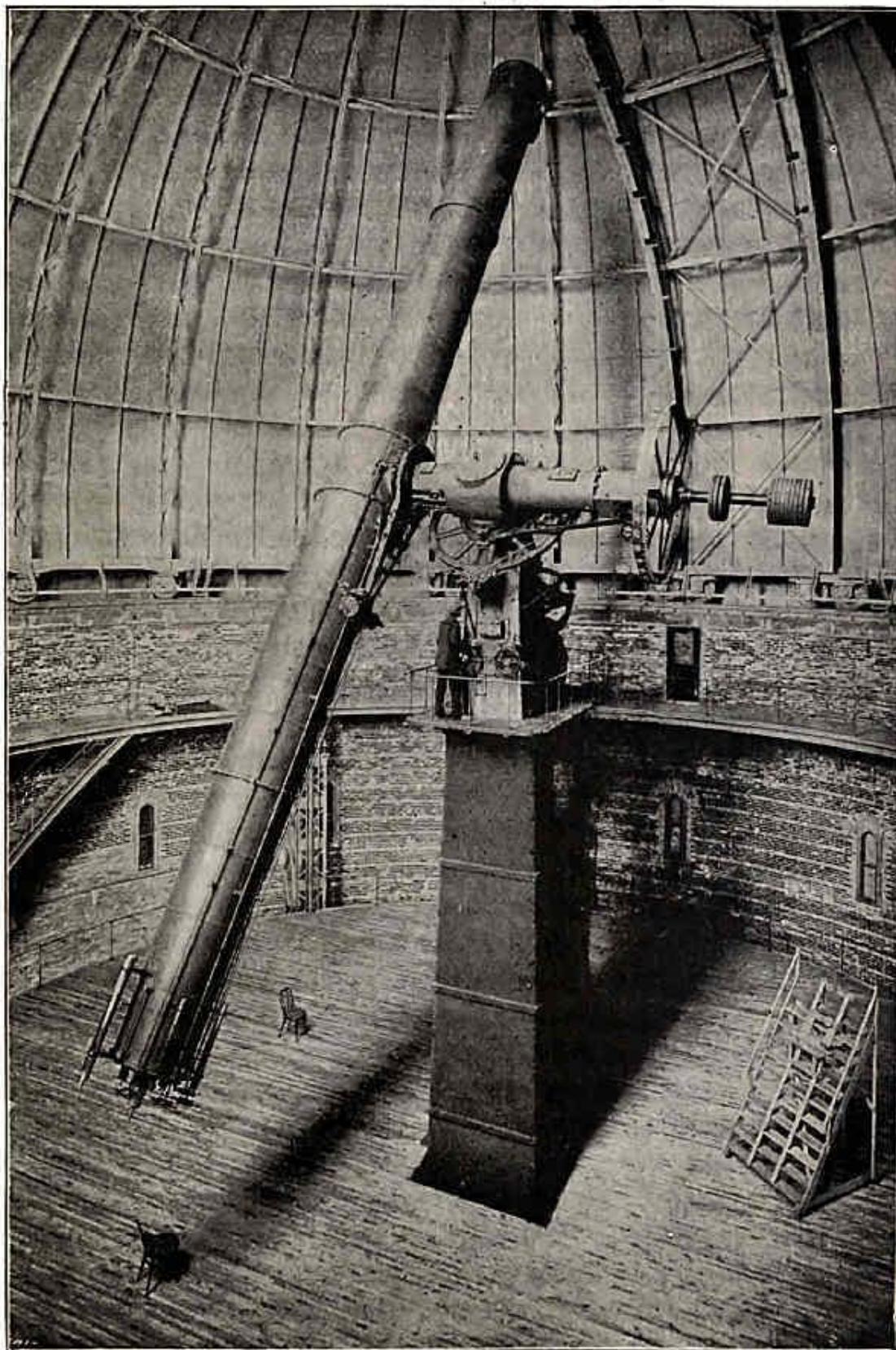


Рис.

4.Телескоп Йеркской обсерватории, Чикаго.
(Из "Астрофизического журнала", том vi., № 1.)

Мощность телескопа—рефрактора - насколько это выражение имеет какое—либо определенное значение - должна измеряться диаметром его предметного стекла.

Действительно, между различными цивилизованными нациями существовало некоторое почетное соперничество относительно того, кто должен обладать самым большим преломляющим телескопом. Среди известных инструментов, которые были успешно завершены, - тот, что был установлен в 1881 году сэром Говардом Граббом из Дублина в великолепной обсерватории в Вене. О его размерах можно судить по тому факту, что предметное стекло имеет два фута и три дюйма в диаметре. Множество хитроумных приспособлений помогают уменьшить неудобства, связанные с использованием инструмента, обладающего такими огромными размерами. Среди них мы можем здесь отметить метод, с помощью которого градуированные круги, прикрепленные к телескопу, попадают в поле зрения наблюдателя. Эти круги обязательно расположены в тех частях прибора, которые находятся вдали от окуляра, в котором находится наблюдатель. Тонкие знаки и цифры, однако, легко считываются на расстоянии с помощью небольшого вспомогательного телескопа, который с помощью подходящих отражателей направляет лучи света от кругов к глазу наблюдателя.

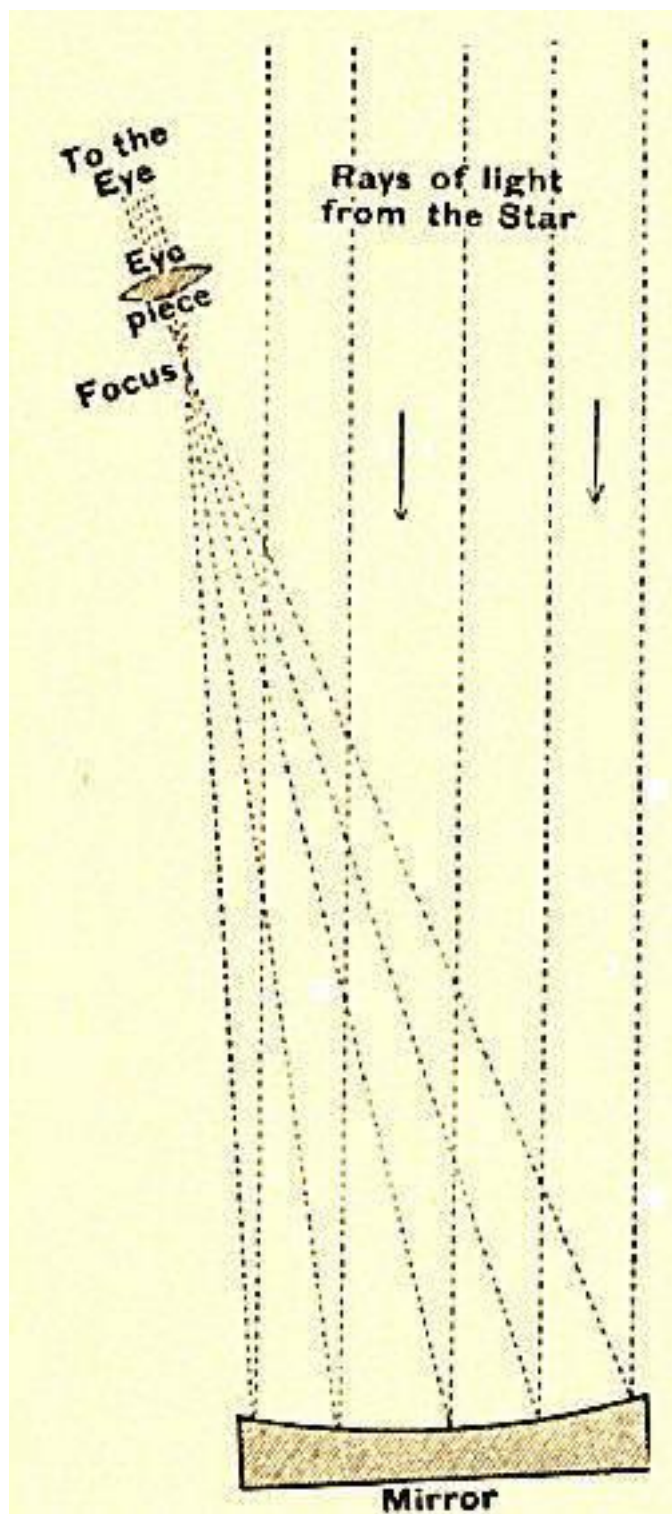


Рис. 5. Принцип работы телескопа—

рефрактора Гершеля.

Многочисленные телескопы-рефракторы изысканного совершенства были произведены господами. Алван Кларк из Кембриджпорта, Бостон, Массачусетс. Один из их самых известных телескопов - рефрактор Грейт Лик, который сейчас используется на горе Гамильтон в Калифорнии. Диаметр этого оптического стекла составляет тридцать шесть дюймов, а его фокусное расстояние - пятьдесят шесть футов два дюйма. Недавно та же фирма предприняла еще большие усилия по созданию рефрактора с апертурой сорок дюймов для Йеркской обсерватории Чикагского университета. Телескоп длиной семьдесят пять футов установлен под вращающимся куполом диаметром девяносто футов, и для того, чтобы наблюдатель мог дотянуться до окуляра без использования очень больших стремянок,

пол помещения можно поднимать и опускать на расстояние двадцати двух футов с помощью электродвигателей. Это показано на рис. 4, в то время как южный фасад Йеркской обсерватории представлен на рис. 6.

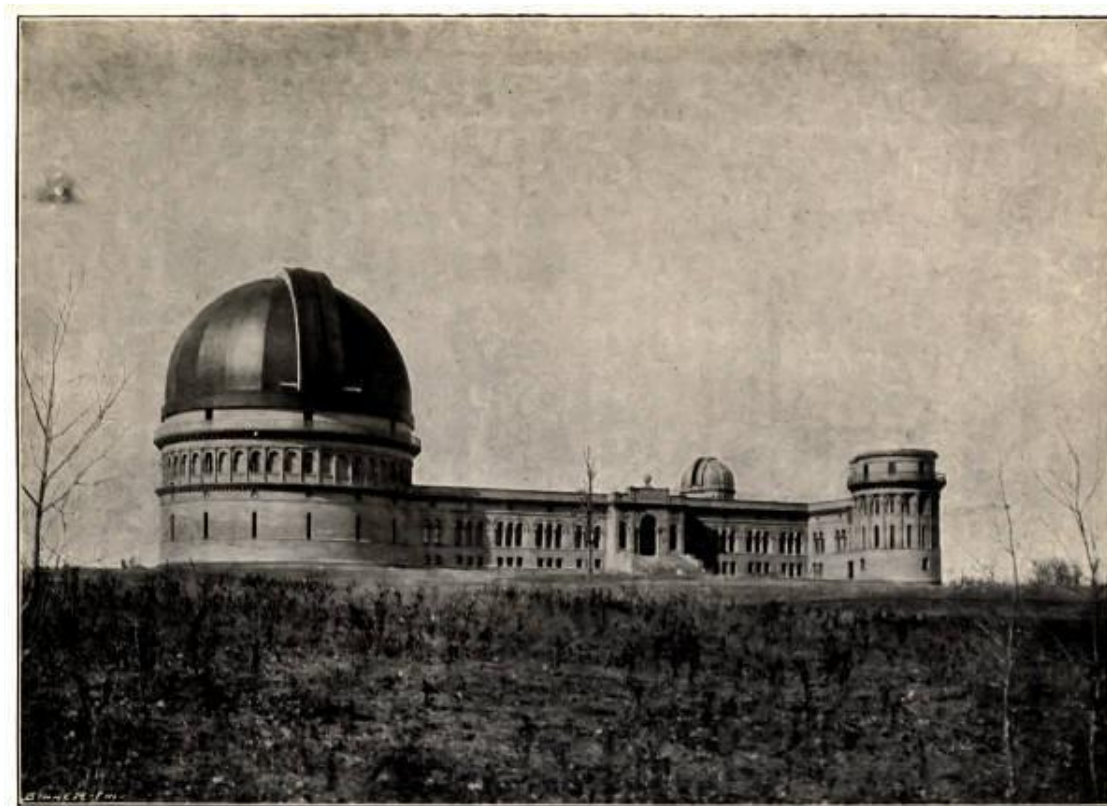


Рис. 6. Южный

фасад Йеркской обсерватории, Чикаго.

(Из "Астрофизического журнала", том vi., № 1.)

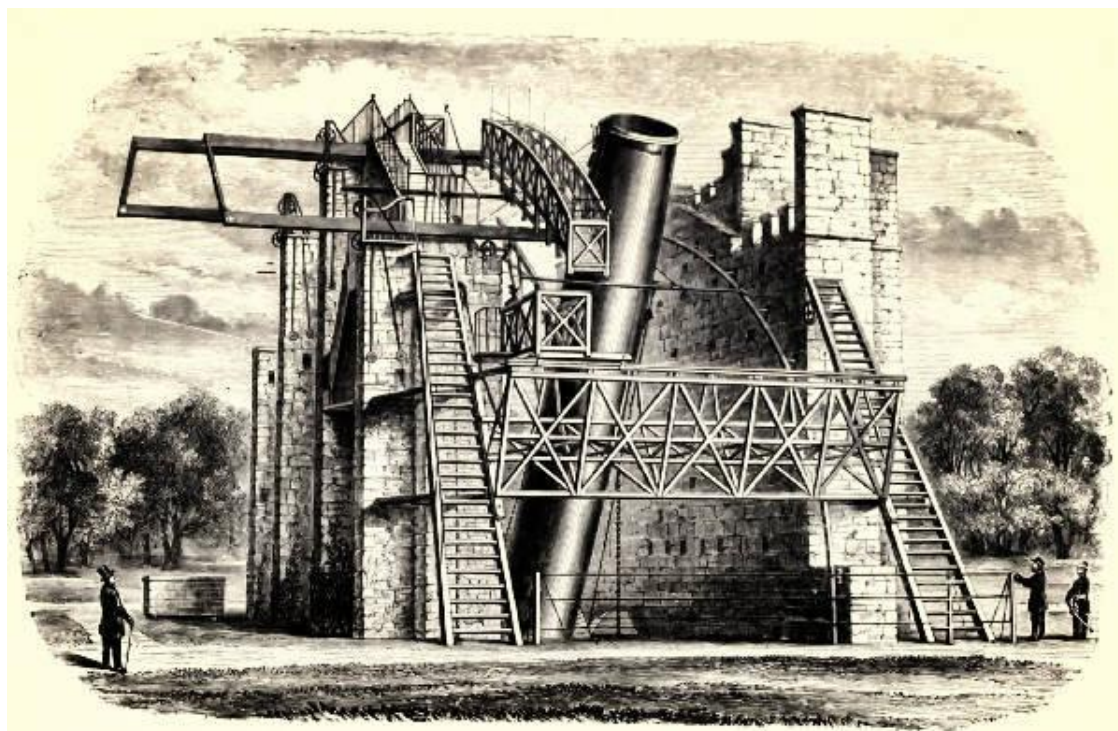


Рис. 7.

Телескоп лорда Росса.

За последние несколько лет инструментальное оборудование Королевской обсерватории в Гринвиче пополнилось двумя прекрасными телескопами, оба принадлежат сэру Х. Граббу. Один из них, содержащий 28-дюймовое предметное стекло, был установлен на подставке, первоначально сконструированной сэром Дж. Эйри для инструмента меньшего размера. Другой, представленный сэром Генри Томпсоном, имеет диафрагму 26 дюймов и приспособлен для фотографической работы.

Размер рефрактора ограничен в зависимости от материала предмета-стекла. Производители стекла, по-видимому, сталкиваются с необычными трудностями в своих попытках сформировать большие диски из оптического стекла, достаточно чистого и однородного, чтобы они подходили для телескопов. Эти трудности усиливаются с каждым увеличением размера дисков, так что стоимость имеет тенденцию расти гораздо большими темпами. В качестве иллюстрации можно упомянуть, что цена, уплаченная за объективное стекло телескопа Lick, превысила десять тысяч фунтов стерлингов.

Однако существует альтернативный метод конструирования телескопа, при котором не возникает трудностей, о которых мы только что упомянули. Принцип простейшей формы *отражателя* показан на рис. 5, который представляет то, что называется инструментом Гершеля. Лучи света от наблюдаемой звезды падают на зеркало, которое имеет тщательную форму и тщательно отполировано. После отражения лучи направляются к фокусу и, расходясь оттуда, падают на окуляр, с помощью которого они восстанавливают параллельность и, таким образом, становятся приспособленными для восприятия глазом. По существу, именно по этому принципу (хотя и с дополнительным плоским зеркалом на верхнем конце трубки, отражающим лучи под прямым углом к той стороне трубки, где находится окуляр) сэр Исаак Ньютон сконструировал маленький телескоп-рефлектор, который сейчас ценится Королевским обществом. Знаменитый инструмент ньютоновского типа был построен полвека назад покойным графом Россом в Парсонстауне. Он представлен на рис. 7. Колоссальная диафрагма этого инструмента никогда не была превзойдена; с ней,

действительно, никто не мог соперничать. Зеркало, или зеркальце, как его часто называют, представляет собой толстый металлический диск, состоящий из смеси двух частей меди и одной части олова. Этот сплав настолько твердый и хрупкий, что затрудняет выполнение необходимых механических операций. Однако материал обладает блестящей полировкой, а также позволяет получать и сохранять точную форму. Зеркало Россе - шесть футов в диаметре и три тонны весом — находится на нижнем конце телескопа длиной пятьдесят пять футов. Труба подвешена между двумя массивными зубчатыми стенами, которые образуют впечатляющий элемент на лужайке замка Бирр. Этот инструмент не может быть повернут ко всем частям неба, как к экваториям, которые мы недавно рассматривали. Большая труба способна подниматься на высоту только вдоль меридиана и совершать небольшие боковые перемещения к востоку и западу от меридиана. Однако каждую звезду или туманность, видимую на широте Парсонстауна (за исключением тех, что расположены очень близко к полюсу), можно наблюдать в большой телескоп, если искать в нужное время.

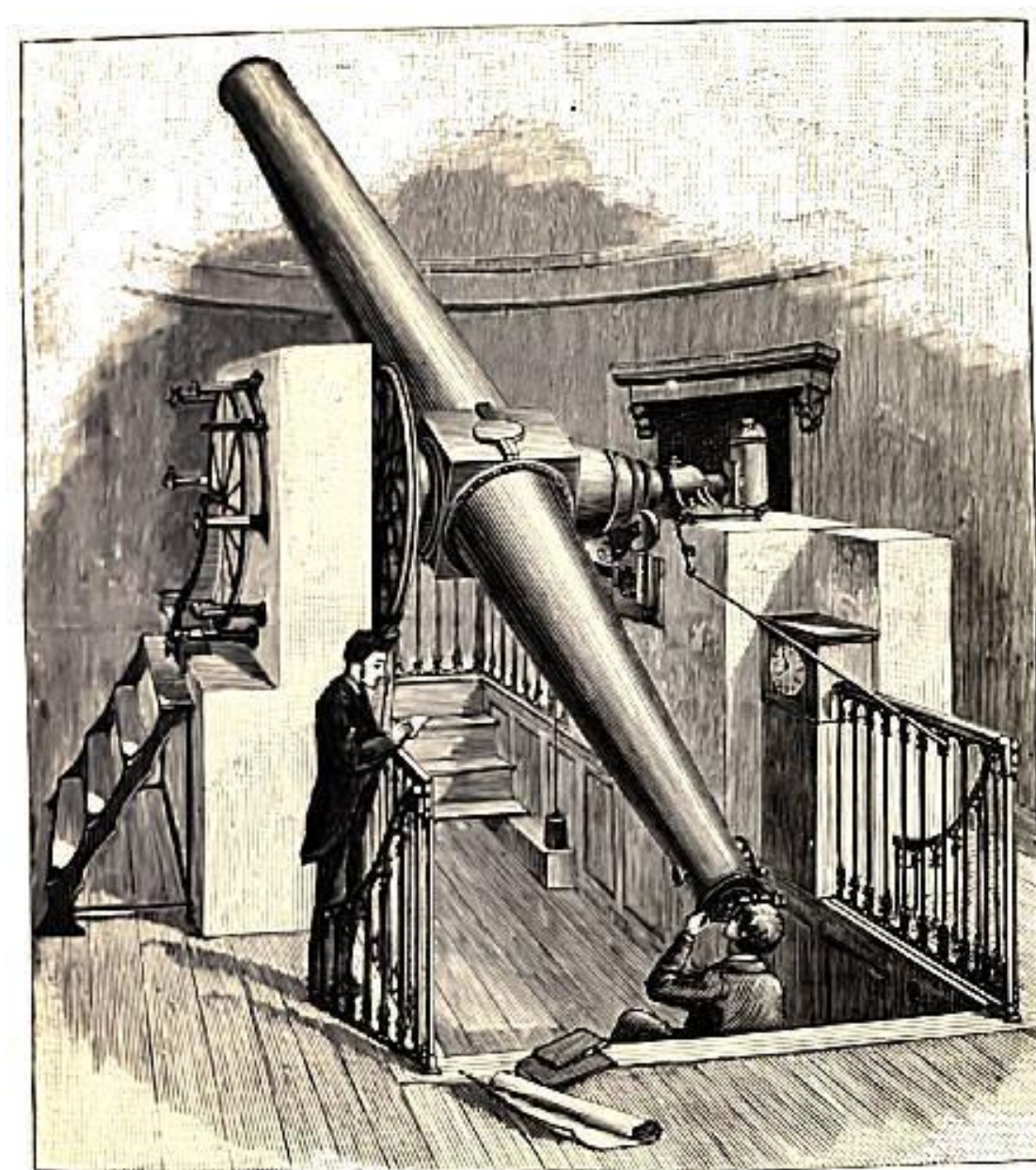


Рис.

8. Окружность меридиана.

Прежде чем объект достигнет меридиана, телескоп должен быть настроен на нужную высоту. Необходимая мощность передается по цепи от лебедки на северном конце стен к точке у верхнего конца трубы. С помощью этого приспособления телескоп можно поднимать или опускать, а хитроумная система противовесов делает перемещение одинаково легким на любой высоте. Затем наблюдатель занимает свое место в одной из галерей, которые дают доступ к окуляру; и когда наступает нужный момент, звезда попадает в поле зрения. Мощный механизм приводит в движение большой инструмент, противодействуя суточному движению, и, таким образом, наблюдатель может удерживать объект в поле зрения до тех пор, пока не произведет измерения или не закончит рисунок.

В последние годы телескопы-рефлекторы обычно изготавливались с зеркалами из стекла, покрытого тонкой пленкой серебра, которая способна отражать гораздо больше света, чем поверхность металлического зеркала. Среди великолепных отражателей такого типа мы можем упомянуть два, три и пять футов с апертурой соответственно, с которыми доктор Коммон проделал ценную работу.

Мы не должны, однако, предполагать, что для общей работы в обсерватории наиболее подходит колоссальный инструмент. Мощный отражатель, или рефрактор, используется главным образом там, где исследуются необычно слабые объекты. Для работ, при которых производятся точные измерения объектов, которые не особенно трудно разглядеть, больше подходят телескопы меньших размеров. Фундаментальные факты о небесных телах были получены главным образом из наблюдений, полученных с помощью приборов умеренной оптической мощности, специально оборудованных для того, чтобы можно было точно определить местоположение. Действительно, на ранних этапах развития астрономии важные определения положения осуществлялись с помощью приспособлений, которые показывали направление объекта без какой-либо телескопической помощи.

Возможно, наиболее ценные измерения, полученные в наших современных обсерваториях, производятся с помощью прецизионного прибора, известного как *меридиональный круг*. В любом адекватном изложении Истории Небес невозможно избежать упоминания об этом незаменимом средстве астрономических исследований, и поэтому мы дадим краткий отчет об одной из его более простых форм, выбрав для этой цели большой инструмент Парижской обсерватории, который представлен на рис. 8.

Телескоп прикреплен в центре к оси под прямым углом к его длине. Шарниры на каждом конце этой оси вращаются на неподвижных подшипниках, так что движения телескопа полностью ограничены плоскостью меридиана. Внутри окуляра телескопа натянуты чрезвычайно тонкие вертикальные волокна. Наблюдатель наблюдает, как луна, или звезда, или планета попадают в поле зрения; и он отмечает по часам точное время, с точностью до доли секунды, с которым объект проходит над каждой из линий. Серебряная полоса на круге, прикрепленном к оси, разделена на градусы и деления градуса, и по мере перемещения этого круга вместе с телескопом будет указываться высота, на которую направлен инструмент. Для считывания изящно выгравированных знаков и цифр на серебре необходимы микроскопы. Они показаны на чертеже, каждый из которых закреплен в отверстии в стене, которое поддерживает один конец прибора. На противоположной стороне находится лампа, свет от которой проходит через перфорированную ось шарнира и оттуда искусно отражается зеркалами, чтобы обеспечить необходимое освещение линий в фокусе.

Волокна, которые наблюдатель видит растянутыми по всему полю зрения телескопа, требуют нескольких слов пояснения. Для этой цели нам требуется материал, который должен быть очень тонким и довольно прочным, а также несколько эластичным и не иметь заметного веса. Эти условия не могут быть полностью выполнены никакой металлической проволокой, но они изысканно воплощены в красивой нити, которую прядет паук. Тонкие волокна искусно натянуты по всему полю обзора телескопа и закреплены в нужных местах. Благодаря столь великолепно оснащенным инструментам мы можем оценить точность, достигнутую при современных наблюдениях. Телескоп направлен на звезду, и изображение звезды представляет собой крошечную световую точку. Когда эта точка совпадает с пересечением двух центральных паутинных линий, телескоп находится в правильном поле зрения. Мы намеренно используем слово "прицельный", потому что хотим предложить сравнение между наведением винтовки на цель и наведением телескопа на звезду. Вместо обычного большого яблочка предположим, что мишень состояла всего лишь из циферблата часов, который, конечно, стрелок не мог разглядеть ни на одном обычном расстоянии. Но в телескоп меридианного круга циферблат часов был бы виден даже на расстоянии мили. Меридианный круг действительно способен к такой точности в качестве визирного прибора, что его можно было бы навести отдельно на каждую из двух звезд, которые составляют для глаза угол, не превышающий угол, который уменьшается от соседней пары шестидесятиминутных точек по окружности циферблата часов на расстоянии мили от наблюдателя.

Эта способность столь точно направлять инструмент принесла бы мало пользы, если бы ее не сочетали с устройствами, с помощью которых, когда телескоп наведен правильно, положение звезды может быть установлено и записано. Одним из элементов определения местоположения являются астрономические часы, которые показывают момент, когда объект пересекает центральную вертикальную проволоку; другой элемент задается градуированным кругом, который показывает угловое расстояние звезды от зенита или точки прямо над головой.

Превосходные меридиональные инструменты украшают наши великие обсерватории и каждую ночь посвящаются тем измерениям, на которых в основном основаны великие истины астрономии. Эти инструменты были сконструированы с отточенным мастерством, но долг кропотливого астронома - не доверять точности своего инструмента всеми мыслимыми способами. Большая труба может быть настолько жесткой конструкцией, насколько это под силу инженерам-механикам; градуировки на окружности могут быть выгравированы самой совершенной из разделительных машин; но добросовестный астроном не удовлетворится простой механической точностью. Этот меридианный круг, который непосвященному кажется изумительным произведением искусства, обладающим почти безграничной точностью, рассматривается астрономом, который им пользуется, в совершенно ином свете. Никто не может оценить более полно, чем он, мастерство художника, создавшего этот меридианный круг, и прекрасные приспособления для освещения и считывания показаний, которые придают инструменту его совершенство; но в то время как астроном признает красоту реальной машины, которую он использует, у него всегда перед мысленным взором идеальный инструмент абсолютного совершенства, к которому фактический меридианный круг является лишь приближением.

По сравнению с идеальным инструментом, тончайший меридианный круг представляет собой не более чем массу несовершенств. Идеальная трубка идеально жесткая, реальная трубка гибкая; идеальные деления окружности идеально равномерны, фактические деления неоднородны. Идеальный инструмент - это геометрическое воплощение идеальных кругов, идеальных прямых линий и идеальных прямых углов; реальный инструмент может показывать

только приблизительные круги, приблизительные прямые линии и приблизительные прямые углы. Возможно, часть работы, выполненная пауком, в целом самая лучшая; натянутая паутина дает нам механическое приближение к идеально прямой линии; но мы портим работу паука тем, что не можем вставить эти прекрасные нити с идеальной равномерностью, в то время как наши попытки расположить две из них поперек поля зрения под прямым углом не приводят к получению угла ровно в девяносто градусов.

Трудности, с которыми сталкивается наблюдатель за меридианом, также не связаны исключительно с его прибором. Ему приходится бороться со своими собственными несовершенствами; ему часто приходится учитывать личные особенности неожиданного характера; неприятности, которые может доставить атмосфера, общеизвестны; в то время как регулировка его прибора предупреждает его, что он не может полагаться даже на самую твердую землю. Мы узнаем, что землетрясения, из-за которых иногда нарушается твердая почва, являются всего лишь наиболее заметными примерами непрерывных небольших движений земли, которые каждую ночь в году нарушают тонкую настройку прибора.

Когда существование этих ошибок было признано, был сделан первый важный шаг. Благодаря союзу астронома и математика можно измерить расхождения между фактическим меридианным кругом и идеально совершенным инструментом. Как только это будет сделано, мы сможем оценить влияние, которое неправильности оказывают на наблюдения, и, наконец, нам удастся очистить наблюдения от более грубых ошибок, которыми они загрязнены. Таким образом, мы получаем результаты, которые на самом деле не являются математически точными, но, тем не менее, являются близкими приближениями к тем, которые были бы получены совершенным наблюдателем, использующим идеальный инструмент геометрической точности, стоящим на земле с абсолютной жесткостью и наблюдающим за небесами без вмешательства атмосферы.

В дополнение к инструментам, подобным уже указанным, у астрономов есть и другие средства отслеживания движений небесных тел. За последние пятнадцать лет фотография начала играть важную роль в практической астрономии. Это прекрасное искусство может быть использовано для изображения многих объектов на небесах с помощью более точных рисунков, чем может создать карандаш даже самого искусного рисовальщика. Фотография также применима для составления карт любого региона неба, который желательно исследовать. Когда время от времени делаются повторяющиеся снимки одного и того же региона, их сравнение дает возможность установить, перемещалась ли какая-либо звезда за этот промежуток времени. Величину и направление этого движения можно определить с помощью тонкого измерительного устройства, под которым помещена фотопластинка.

Если для фотографирования небесных тел предполагается использовать телескоп-рефрактор, линзы предметного стекла должны быть специально сконструированы для этой цели. Лучи света, которые оставляют изображение на подготовленной пластинке, не совсем совпадают с теми, которые в основном участвуют в создании изображения на сетчатке человеческого глаза. Однако отражающее зеркало направляет все лучи, как те, которые являются химически активными, так и те, которые являются исключительно визуальными, в один и тот же фокус. Следовательно, один и тот же отражающий прибор может использоваться либо для наблюдения за небом, либо для получения снимков на фотопластинку, которая заменена глазом наблюдателя.

Простая портретная камера с успехом использовалась для получения ярких фотографий больших участков неба, чем можно сделать в длинный телескоп; но для целей точных измерений снимки, сделанные с помощью последнего, несравненно лучше.

Нет необходимости говорить, что фотографический аппарат, каким бы он ни был, должен приводиться в действие тщательно отрегулированным часовым механизмом, чтобы противодействовать кажущемуся ежедневному движению звезд, вызванному вращением Земли. В противном случае картина была бы испорчена, точно так же, как портится портрет, если натурщик не будет сохранять спокойствие во время экспозиции.

Среди обсерваторий Соединенного Королевства Королевская обсерватория в Гринвиче, конечно, самая известная. Он особенно примечателен среди всех подобных учреждений в мире преемственностью своей работы на протяжении нескольких поколений. Гринвичская обсерватория была основана в 1675 году для развития астрономии и навигации, и наблюдения с самого начала были специально организованы с целью определения с наибольшей точностью положений основных неподвижных звезд, солнца, луны и планет. Однако в последние годы работа Обсерватории претерпела значительные изменения, и в настоящее время там усердно изучаются самые современные области науки.

Самым большим экваториальным в Гринвиче является рефрактор с апертурой двадцать восемь дюймов и длиной двадцать восемь футов, сконструированный сэром Говардом Граббом. Замечательный составной инструмент из той же знаменитой мастерской также недавно был добавлен в состав нашего национального учреждения. Он состоит из большого рефрактора, специально сконструированного для фотографии, с апертурой двадцать шесть дюймов (представлен сэром Генри Томпсоном) и отражателя диаметром тридцать дюймов, который является результатом мастерства доктора Коммона. Ежегодно публикуемый огромный том свидетельствует об усердии, с которым Королевский астроном и его многочисленный штат помощников-астрономов используют имеющиеся в их распоряжении великолепные средства.

За южной частью неба, большую часть которой невозможно увидеть в этой стране, наблюдают из различных обсерваторий южного полушария. Главным среди них является Королевская обсерватория на мысе Доброй Надежды, оснащенная первоклассными инструментами. Мы можем упомянуть великолепный фотографический телескоп, подарок мистера Маклина. Астрономия значительно обогатилась благодаря многочисленным исследованиям, проведенным доктором Джиллом, директором Капской обсерватории.

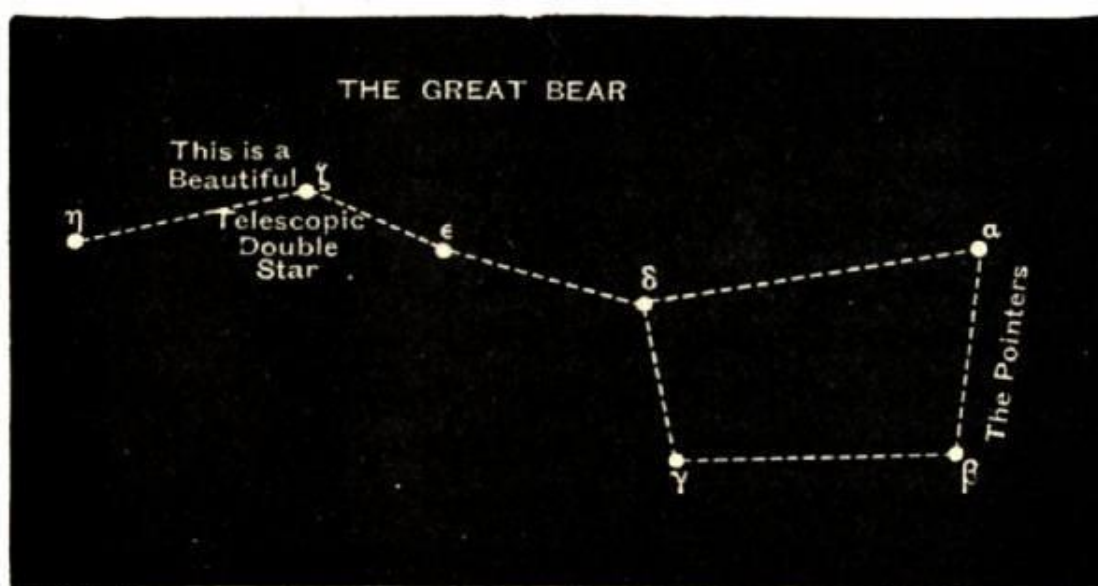


Рис. 9.

Большая медведица.

Однако нет необходимости использовать такие мощные инструменты, чтобы получить некоторое представление о помощи, которую может оказать телескоп. Наиболее подходящий инструмент для начала астрономических исследований находится в пределах обычной досягаемости. Это хорошо известный бинокль, которым капитан пользуется на борту корабля; или, если его нет, то почти так же подойдет обычный театральный бинокль. Это, без сомнения, не так мощно, как телескоп, но у него есть некоторые компенсирующие преимущества. Театральный бинокль позволит нам одним взглядом охватить большую область неба, в то время как телескоп, вообще говоря, предоставляет гораздо меньшее поле зрения.

Предположим, что наблюдатель снабжен театральным биноклем и собирается приступить к своим астрономическим занятиям. Первый шаг - познакомиться с бросающейся в глаза группой из семи звезд, представленной на рис. 9. Эту группу часто называют Плугом или Повозкой Чарльза, но астрономы предпочитают рассматривать ее как часть созвездия Большой Медведицы (Ursa Major). В этом созвездии есть много интересных особенностей, и новичку следует как можно скорее научиться определять семь звезд, составляющих его. Два из них, отмеченные α и β на голове Медведя, обычно называются "указателями". Они особенно полезны, потому что помогают направить взгляд к самой важной звезде на всем небе, известной как "полярная звезда".

Сосредоточьте внимание на той области Большой Медведицы, которая образует своего рода прямоугольник, углами которого являются звезды α β γ δ . В следующую ясную ночь попробуйте сосчитать, сколько звезд видно внутри этого прямоугольника. В очень ясную ночь, безлунную, можно было бы различить, возможно, дюжину или даже больше, в зависимости от остроты зрения. Но когда бинокль направлен на ту же часть созвездия, открывается удивительное зрелище. Теперь можно с величайшей легкостью разглядеть сотню звезд.

Но театральный бинокль не покажет почти всех звезд в этом регионе. Любой хороший телескоп покажет многие сотни, слишком тусклых для более слабого инструмента. Чем больше телескоп, тем многочисленнее звезды: так что, если смотреть через один из колоссальных инструментов, их число должно было бы исчисляться тысячами.

Мы выбрали Большую Медведицу, потому что она более известна, чем любое другое созвездие. Но Большая Медведица не так уж богата звездами. Определить количество звезд - задача, с которой не справлялся ни один человек; но были сделаны различные оценки. Наши огромные телескопы, вероятно, могут показать по меньшей мере 50 000 000 звезд.

Студент, пользующийся хорошим телескопом-рефрактором, имеющим подзорную трубу диаметром не менее трех дюймов, найдет занятие на многие прекрасные вечера. Интерес к его работе значительно повысится, если у него будет очаровательный справочник по небесам, известный как "Небесные объекты Уэбба для обычных телескопов".

ГЛАВА II.

СОЛНЦЕ.

Огромные Размеры Солнца — Оно горячее Плавающей платины — является ли Солнце Источником тепла для Земли?—Солнце находится на расстоянии 92 900 000 миль —Как

оценить величину этого расстояния—День и ночь—Светящиеся и несветящиеся Тела—Контраст между Солнцем и звездами—Солнце как Звезда—Гранулированный внешний вид Солнца—Пятна на Солнце—Изменения формы пятна—Факулы—Вращение Солнца вокруг своей оси—Вид типичного солнечного пятна—Периодичность солнечных пятен—Связь между солнечными пятнами и земным магнетизмом—Принципы спектрального анализа—Вещества, присутствующие на Солнце—Спектр пятна—Протуберанцы, окружающие Солнце. Солнце—Полное солнечное затмение—Размер и движение протуберанцев—Их связь с пятнами—Спектроскопическое измерение движения на Солнце—Корона, окружающая Солнце—Строение Солнца.

Приступая к изучению окружающих нас сфер, мы, естественно, начинаем с нашего несравненного солнца. Его великолепный блеск дает ему превосходство над всеми другими небесными телами.

Размеры нашего светила соизмеримы с его важностью. Астрономы преуспели в трудной задаче установления точных цифр, но они настолько огромны, что полученные результаты трудно осознать. Диаметр дневного светила, или длина оси, проходящей через центр с одной стороны на другую, составляет 866 000 миль. Однако это голое утверждение о размерах огромного земного шара не дает адекватного представления о его необъятности. Если бы вокруг солнца была проложена железная дорога и если бы мы отправились в путь на экспрессе, движущемся со скоростью шестьдесят миль в час, нам пришлось бы ехать пять лет без перерыва ни днем, ни ночью, прежде чем мы завершили бы это путешествие.

При сравнении солнца с землей масса нашего светила становится еще более поразительной. Предположим, что его земной шар был бы разрезан на миллион частей, каждая из этих частей заметно превышала бы объем нашей земли. На рис. 10 изображен большой круг и очень маленький, обозначенный S и E соответственно. Эти круги показывают сравнительные размеры двух тел. Масса солнца, однако, не превышает массу Земли в той же пропорции. Если бы солнце поместили на одну чашу мощных весов, а 300 000 тел, таких же тяжелых, как наша земля, поместили на другую, светило перевернуло бы чашу весов.

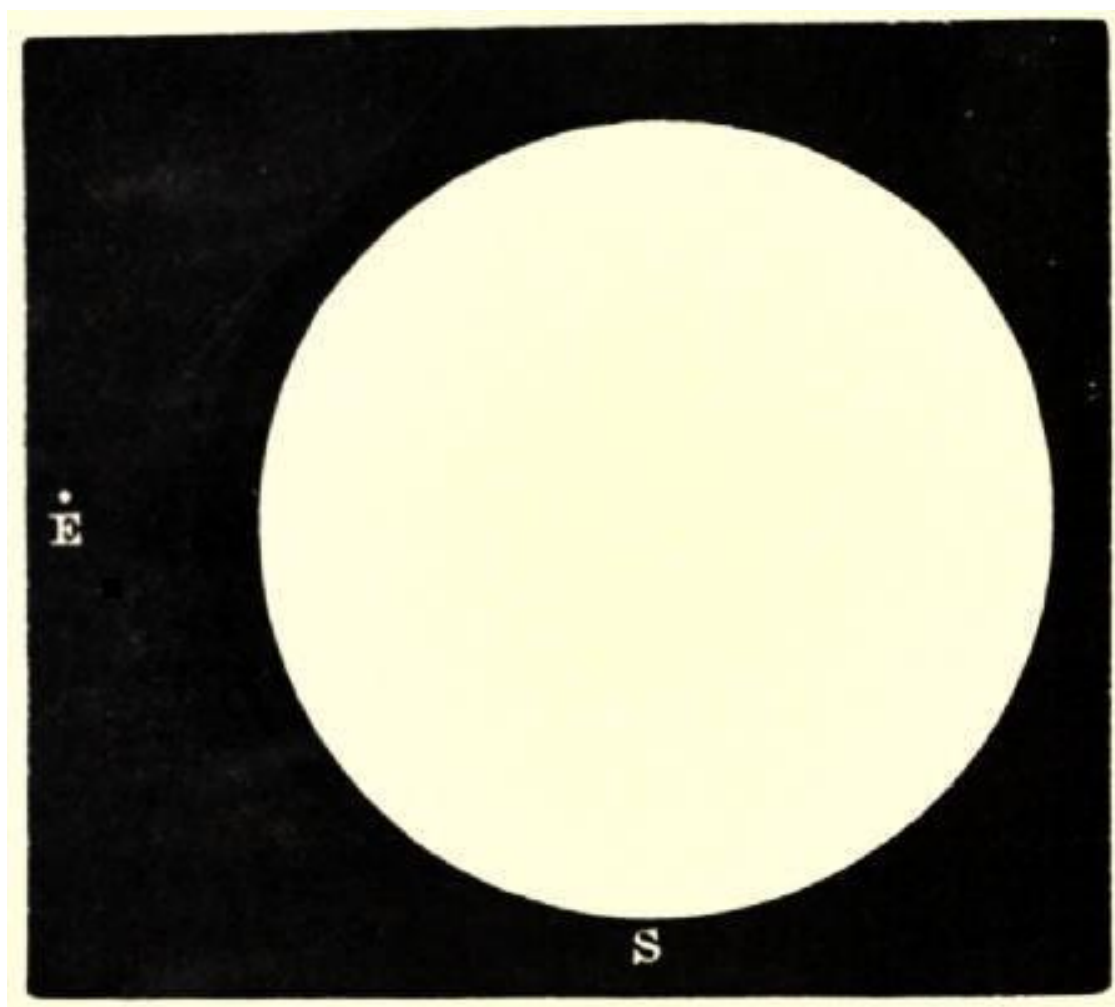


Рис.

10. Сравнительные размеры Земли и Солнца.

Температура солнца намного превосходит любую температуру, которую мы создаем искусственно либо в наших химических лабораториях, либо на наших металлургических предприятиях. Мы можем пропускать гальванический ток через кусок платиновой проволоки. Проволока сначала раскаляется докрасна, затем добела; затем она светится почти ослепительно, пока не плавится и не ломается. Температуру плавления платиновой проволоки вряд ли можно превзойти в самых сложных печах, но она и не достигает температуры солнца.

Следует, однако, признать, что существует очевидное несоответствие между фактом из обычного опыта и утверждением о том, что солнце обладает чрезвычайно высокой температурой, которое мы только что попытались проиллюстрировать. "Если бы солнце было горячим, - было сказано, - то чем ближе мы подходим к нему, тем жарче мы бы чувствовали; но, по-видимому, это не так. На вершине высокой горы мы ближе к солнцу, и все же всем известно, что там гораздо холоднее, чем в долине внизу. Если гора такая же высокая, как Монблан, то мы, безусловно, на две или три мили ближе к светящемуся шару, чем были на уровне моря; и все же вместо дополнительного тепла мы находим вечный снег". Простая иллюстрация может помочь уменьшить эту трудность. В теплице в солнечный день температура намного выше, чем на улице. Стекло пропускает горячие солнечные лучи внутрь, но отказывается выпускать их обратно с такой же свободой, и, следовательно, температура повышается. С этой точки зрения землю можно сравнить с теплицей, только вместо стеклянных панелей наш земной шар окутан огромным воздушным покровом. На поверхности земли мы стоим как бы внутри теплицы и извлекаем выгоду из взаимодействия

атмосферы; но когда мы поднимаемся на очень высокие горы, мы постепенно проходим через часть защитной среды, и тогда мы страдаем от холода. Если бы земля была лишена своего воздушного покрова, кажется несомненным, что вечный мороз царил бы на целых континентах, а также на вершинах гор.

Действительное расстояние Солнца от земли составляет около 92 900 000 миль; но, просто называя цифры, мы не получаем живого представления о реальной величине. Необходимо было бы считать как можно быстрее в течение трех дней и трех ночей, прежде чем был бы завершен один миллион; однако это пришлось бы повторить почти девяносто три раза, прежде чем мы сосчитали бы все мили между землей и солнцем.

Каждую ясную ночь мы видим огромное количество звезд, разбросанных по небу. Некоторые из них яркие, некоторые тусклые, некоторые сгруппированы в замечательные формы. В связи с этим множеством блестящих моментов мы должны сейчас задать важный вопрос. Являются ли они телами, которые светятся своим собственным светом, как солнце, или они светят только заимствованным светом, как луна? Ответ легко сформулировать. Большинство этих тел светятся своим собственным светом, и их правильно называть *звездами*.

Предположим, что солнце и множество звезд, собственно так называемых, являются все без исключения самосветящимися сверкающими телами, в чем же великое различие между солнцем и звездами? Конечно, существует огромная и очевидная разница между непревзойденным великолепием солнца и слабым мерцанием звезд. Однако это различие не обязательно указывает на то, что наше светило обладает внутренним великолепием, превосходящим сияние звезд. Дело в том, что мы расположились сравнительно близко к солнцу, наслаждаясь его теплом и светом, в то время как даже от ближайшей из звезд нас отделяет огромная пропасть. Если бы солнце постепенно удалялось от земли, его свет уменьшался бы, так что, когда бы оно проникло в глубины космоса на расстояние, сравнимое с тем, на которое мы отделены от звезд, его слава полностью померкла бы. Солнце больше не казалось бы тем величественным шаром, с которым мы знакомы. Оно больше не было бы источником благодатного тепла или светилом, разгоняющим ночную тьму. Наше великое солнце уменьшилось бы до размеров звезды, не такой яркой, как многие из тех, что мы видим каждую ночь.

Вывод, к которому мы сейчас пришли, действительно важен. Мириады звезд, усеивающих наше небо каждую ночь, приобрели огромное значение. Каждая из этих звезд сама по себе является могущественным солнцем, фактически соперничающим, а во многих случаях и превосходящим великолепием наше собственное светило. Таким образом, мы открываем величественную концепцию огромных размеров пространства, а также достоинства и великолепия мириад глобусов, которыми это пространство заполнено.

Есть еще один аспект этой картины, не лишенный полезности. Отныне мы должны помнить, что наше солнце - всего лишь звезда, и не особенно важная. Если бы солнце, земля и все, что на них находится, исчезли, результатом во Вселенной было бы просто прекращение мерцания крошечной звезды. Рассматриваемое просто как звезда, солнце должно отойти на второстепенное место в могучей ткани Вселенной. Но мы должны иметь дело с Солнцем не как со звездой. Для нас его сравнительная близость придает ему значение, неизмеримо превосходящее значение всех других звезд. Мы воображали, что удалились от солнца, чтобы увидеть его истинную перспективу во вселенной; давайте теперь приблизимся и уделим ему то внимание, которого заслуживает его высочайшая важность для нас.



Рис. 11.

Солнце, сфотографированное 22 сентября 1870 г.

Невооруженному глазу солнце кажется плоским кругом. Если, однако, рассмотреть его в телескоп, позаботившись, конечно, о том, чтобы вставить кусок стекла темного цвета или применить какую-нибудь подобную меру предосторожности, чтобы защитить глаз от травм, тогда будет видно, что солнце - это не плоская поверхность, а настоящий светящийся шар.

Первый вопрос, на который мы должны попытаться ответить, заключается в том, является ли светящаяся материя, из которой состоит земной шар, твердой массой, или, если не твердой, то какой она является, жидкой или газообразной? На первый взгляд мы могли бы подумать, что солнце не может быть текучим, и, естественно, вообразили бы, что это твердый шар из какого-то раскаленного добела вещества. Но эта точка зрения неверна, поскольку мы можем показать, что солнце определенно не является твердым телом, по крайней мере, в том, что касается его поверхностных частей.

Общий вид Солнца, показанный телескопом средних размеров, можно увидеть на рис. 11, который взят с фотографии, полученной м-ром Резерфордом в Нью-Йорке 22 сентября 1870 года. Сразу видно, что поверхность светильника отнюдь не однородна по текстуре или яркости. Ее скорее можно описать как зернистую или пятнистую. Такой внешний вид обусловлен светящимися облаками, которые плавают во взвешенном состоянии в несколько менее светящемся слое газа. Нет необходимости говорить, что эти солнечные облака сильно

отличаются от облаков, которые мы так хорошо знаем в нашей собственной атмосфере. Земные облака, конечно, образуются из мельчайших капель воды, в то время как облака на поверхности солнца состоят из капель одного или нескольких химических элементов при чрезвычайно высокой температуре.

Гранулированный вид поверхности Солнца прекрасно показан на замечательных фотографиях большого масштаба, которые М. Янссену из Медона удалось получить за последние двадцать лет. Мы можем воспроизвести одно из них на рис. 12. Можно заметить, что промежутки между светящимися точками имеют сероватый оттенок, общий эффект (как заметил профессор Янг) очень похож на эффект грубой бумаги для рисования, наблюдаемый с небольшого расстояния. Мы часто замечаем места на поверхности такой пластины, где определение кажется неудовлетворительным. Однако это не те дефекты, которые можно было бы предположить на первый взгляд. Они возникают не из-за случайных дефектов фотопластинки и не из-за случайностей во время проявления; они явно обязаны своим возникновением какой-то реальной причине в самом солнце, и нам не составит труда объяснить, что это за причина. Как у нас будет возможность упомянуть далее, скорости, с которыми движутся раскаленные газы на солнце, должны быть чрезвычайно велики. Даже за сотую долю секунды (что примерно соответствует продолжительности экспозиции этой пластины) движения солнечных облаков достаточно велики, чтобы вызвать наблюдаемую нечеткость.

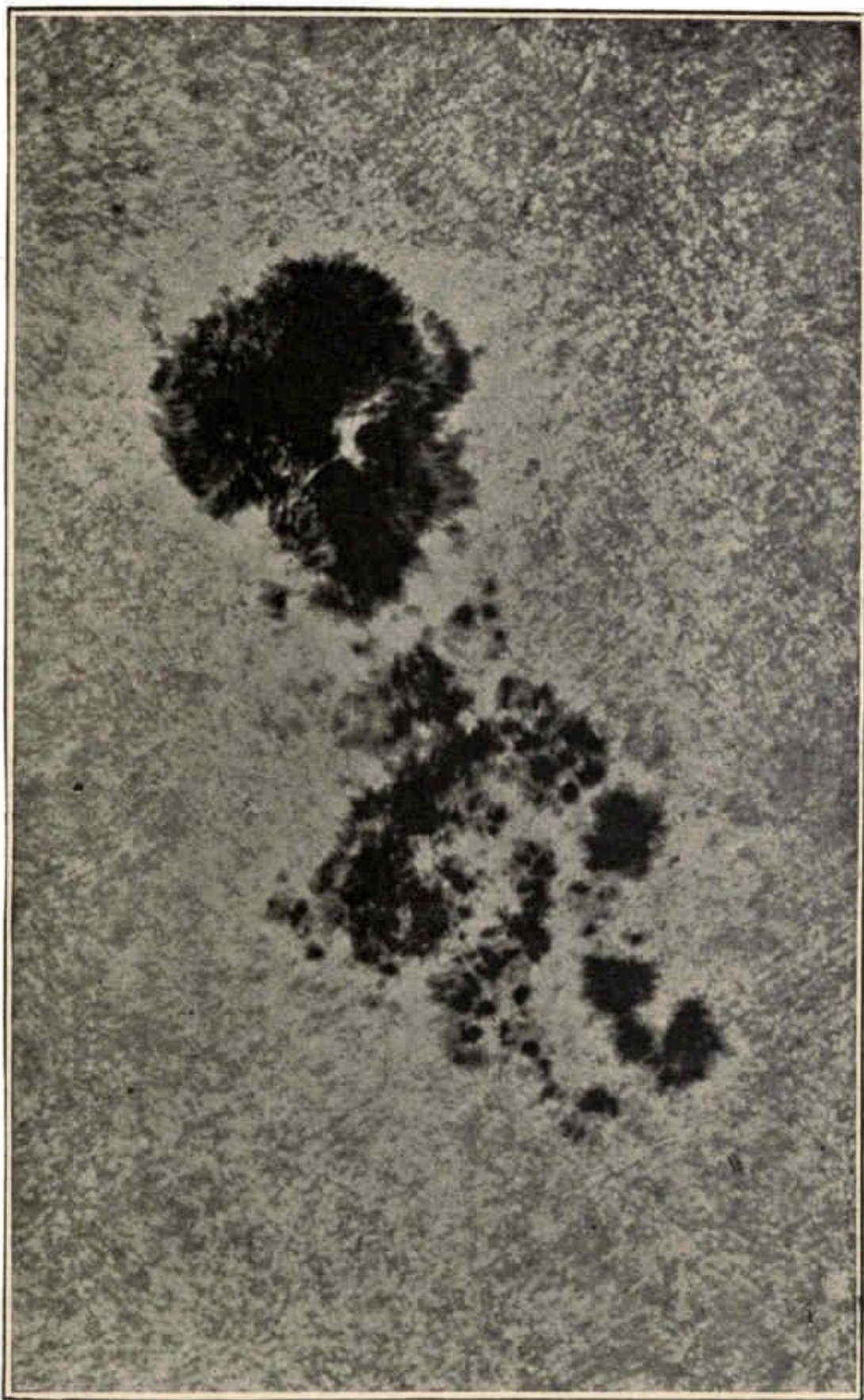


Рис.

12. Фотография поверхности Солнца.
(Автор Янссен.)

Обычно видны неравномерно рассеянные по поверхности солнца небольшие темные объекты, называемые солнечными пятнами. Эти пятна сильно различаются как по размеру, так и по количеству. Впервые солнечные пятна были замечены в начале семнадцатого века, вскоре после изобретения телескопа. Их общий вид показан на рис. 13, на котором темное центральное ядро резко контрастирует с более светлым краем или полутенью. На рис. 16 показано небольшое пятно, выступающее из одной из пор или промежутков между гранулами.



Рис. 13. Обычное солнечное пятно.

Самые ранние наблюдатели этих пятен заметили, что они, по-видимому, имеют общее движение по солнцу. На рис. 14 мы приводим копию замечательного рисунка отца Шайнера, показывающего движение двух пятен, наблюденных им в марте 1627 года. На рисунке показаны последовательные позиции, которые занимали точки в течение нескольких дней со 2 по 16 марта. Те отметки, которые даны просто в общих чертах, представляют предполагаемые положения 11-го и 13-го числа, в эти дни погода была облачной, так что никаких наблюдений произвести было невозможно. Неизменно обнаруживается, что эти объекты движутся в одном направлении, а именно, от восточного к западному краю [\[3\]](#) солнца. Они завершают путешествие по лику солнца за двенадцать или тринадцать дней, после чего остаются невидимыми примерно столько же времени, пока снова не появляются на восточном отроге. Эти первые наблюдатели быстро поняли истинный смысл своего открытия. Из этих простых наблюдений они вывели замечательный факт, что солнце, как и земля, совершает вращение вокруг своей оси в том же направлении. Но между этими вращениями есть важное различие: в то время как земле требуется всего двадцать четыре часа, чтобы совершить один оборот, солнечному шару требуется около двадцати шести дней, чтобы совершить одно из своих гораздо более целенаправленных вращений.

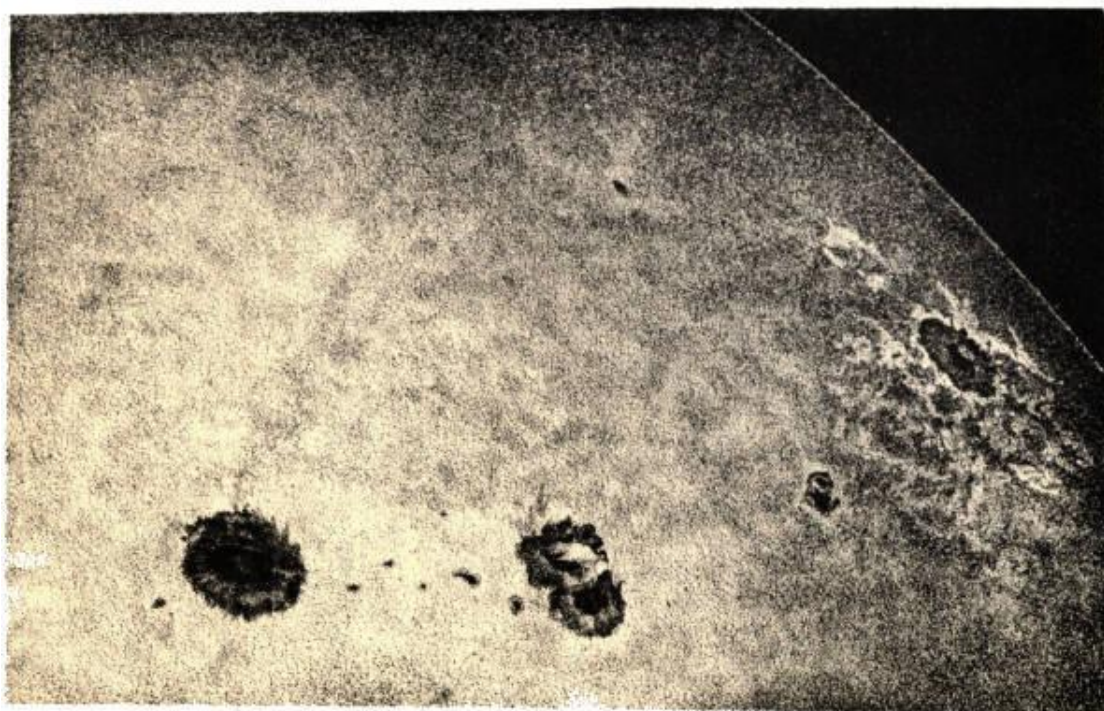


РИСУНОК III.

ПЯТНА И ФАКУЛЫ НА СОЛНЦЕ.

(С ФОТОГРАФИИ мистера УОРРЕНА ДЕ ЛА РЮ, 20 сентября 1861 г.)

Если мы исследуем солнечные пятна при благоприятных атмосферных условиях и в телескоп с довольно большой апертурой, мы видим большое количество интересных деталей, которые содержат информацию о структуре солнца. Часто обнаруживается, что полутень пятна состоит из нитей, направленных к середине пятна, и обычно более ярких на их внутренних концах, где они примыкают к ядру. В правильно сформированном пятне очертания полутени имеют ту же общую форму, что и очертания ядра, но астрономы часто проявляют глубокий интерес, наблюдая обширные пятна очень неправильной формы. В таких случаях яркое покрытие поверхности солнца (фотосфера, как ее называют) часто вторгается в ядро и образует полуостров, простирающийся в мрачные внутренние области или даже пересекающий их. Это хорошо показано на прекрасном рисунке профессора Лэнгли ([фото II.](#)), изображающем очень неправильной формы пятно, которое он наблюдал 23-24 декабря 1873 года.

Детали пятна постоянно меняются; часто изменения можно заметить даже изо дня в день, иногда из часа в час. Аналогичное замечание можно сделать и в отношении ярких полос или пятен, которые часто можно наблюдать, особенно по соседству с пятнами. Эти яркие отметины известны под названием *faculae* (маленькие факелы). Наиболее отчетливо они видны у края солнца, где свет от его поверхности не такой яркий, поскольку находится ближе к центру диска. Уменьшение количества света на границе происходит из-за большей толщины поглощающей атмосферы вокруг солнца, через которую должен проходить свет, излучаемый из областей вблизи границы, начиная свой путь к нам.

Ни одна из отметин на солнечном диске не является постоянной чертой солнца. Некоторые из этих объектов, без сомнения, могут сохраняться неделями. Действительно, иногда случалось, что одно и то же пятно отмечало солнечный шар в течение многих месяцев; но после существования большей или меньшей продолжительности пятна на одной части солнца могут исчезнуть, в то время как столь же часто свежие отметины того же рода

становятся заметными в других местах. Вывод из этих различных фактов неотразим. Они говорят нам, что видимая поверхность Солнца не является твердой массой, даже не жидкой массой, но что земной шар, насколько мы можем его видеть, состоит из вещества в газообразном или парообразном состоянии.

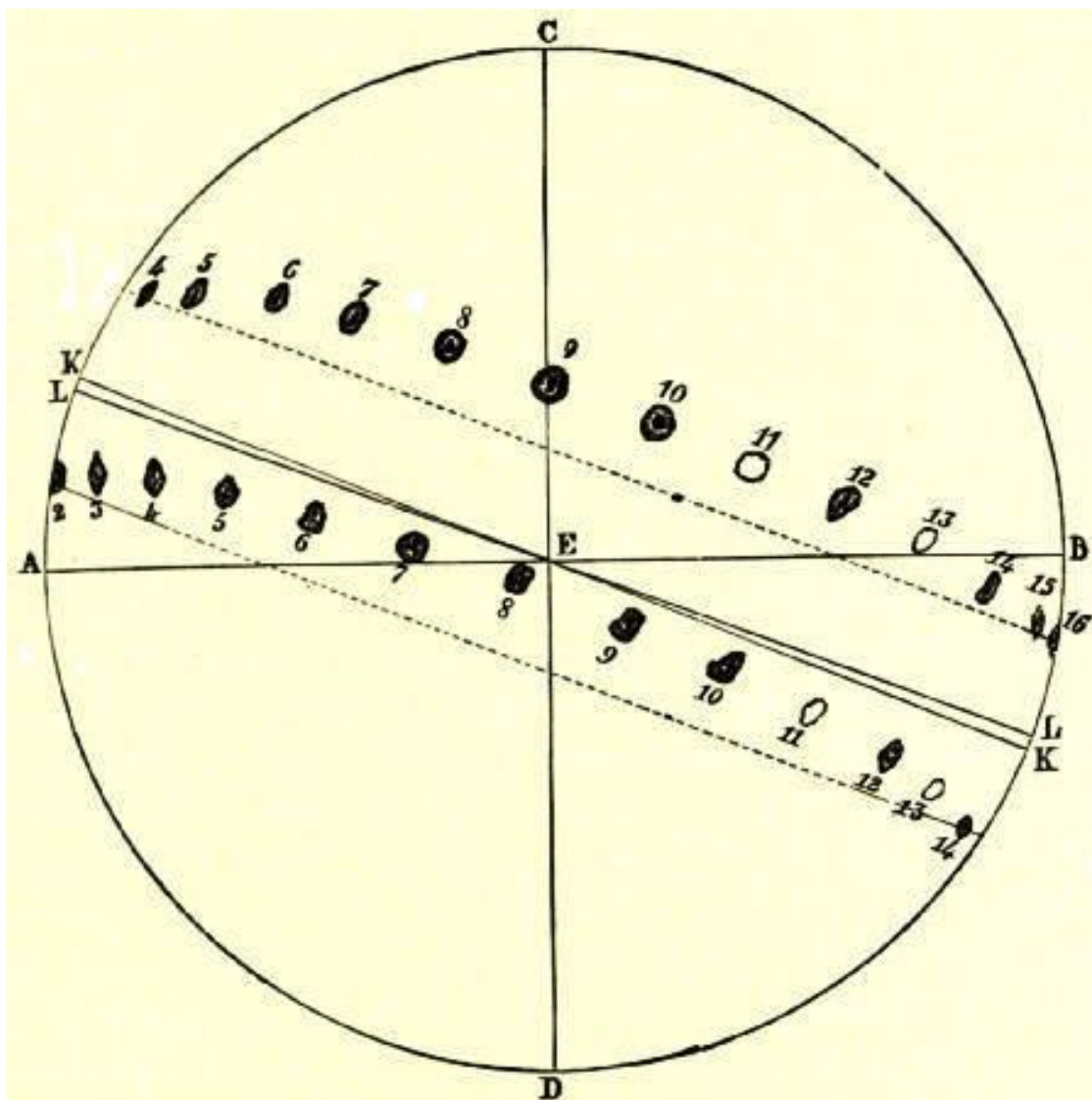


Рис. 14.

Наблюдения Шайнера над солнечными пятнами.

Часто случается, что большое пятно разделяется на две или более отдельных части, и иногда было замечено, как они разлетаются со скоростью, в некоторых случаях не менее тысячи миль в час. "Иногда, хотя и очень редко" (я цитирую здесь профессора Янга, [4], которому я часто обязан), "в связи с этими объектами возникает другое явление самого удивительного и поразительного характера: внезапно вспыхивают пятна интенсивной яркости, которые остаются видимыми в течение нескольких минут, перемещаясь, пока они существуют, со скоростью до ста миль в секунду". ."

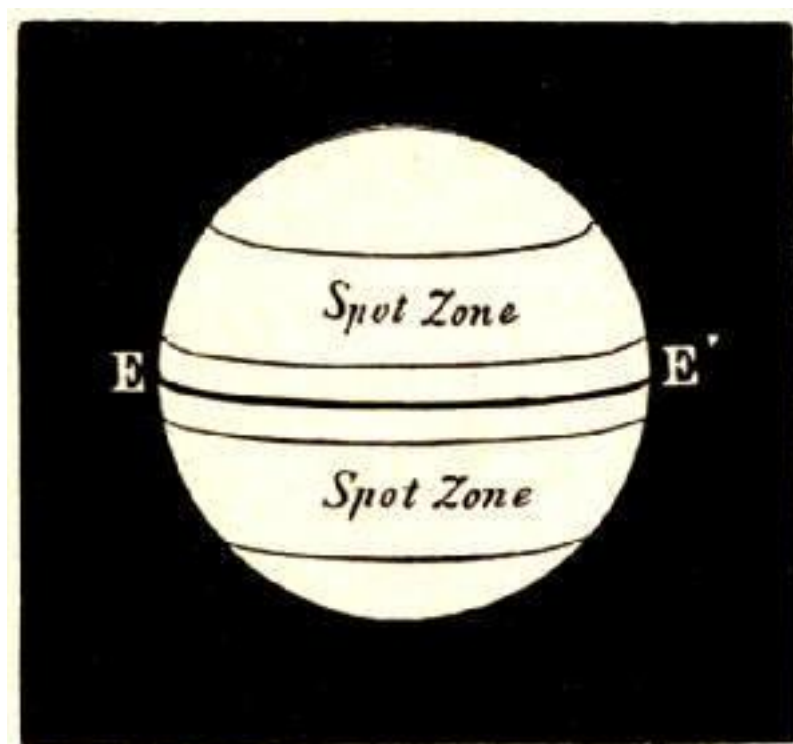


Рис. 15. Зоны на поверхности Солнца,

в которых появляются пятна.

"Одно из таких мероприятий стало классическим. Это произошло до полудня (по Гринвичу) 1 сентября 1859 года и было независимо засвидетельствовано двумя хорошо известными и надежными наблюдателями — мистером Кэррингтоном и мистером Ходжсоном, — чьи отчеты по этому поводу можно найти в Ежемесячных уведомлениях Королевского астрономического общества за ноябрь 1859 г. Мистер Кэррингтон в то время проводил свои обычные ежедневные наблюдения за положением, конфигурацией и размером пятен с помощью изображения солнечного диска на экране, будучи затем занят той восьмилетней серией наблюдений— которые лежат в основе столь значительной части нашей современной науки о солнечной системе. Мистер Ходжсон, находясь на расстоянии многих миль, в то же время зарисовывал детали структуры солнечного пятна с помощью солнечного окуляра и бинокля-абжура. Они одновременно увидели два светящихся объекта, по форме напоминающих две новые луны, каждый около восьми тысяч миль в длину и двух тысяч в ширину, на расстоянии около двенадцати тысяч миль друг от друга. Они внезапно появились на краю большого солнечного пятна с ослепительной яркостью, по крайней мере, в пять или шесть раз превышающей яркость соседних участков фотосферы, и двигались на восток над пятном параллельными линиями, становясь все меньше и слабее, пока примерно через пять минут не исчезли, пройдя курс почти в тридцать шесть тысяч миль".

Солнечные пятна не возникают на всех участках поверхности солнца безразлично. В основном они встречаются в двух зонах (рис. 15) по каждую сторону солнечного экватора между широтами 10° и 30° . На экваторе пятна редки, за исключением, как ни странно, периода, когда в других местах их бывает немного. В высоких широтах их никогда не видно. С этими своеобразными принципами их распределения тесно связан тот замечательный факт, что пятна на разных широтах не указывают одинаковые значения периода вращения солнца. Наблюдая за точкой вблизи солнечного экватора, Кэррингтон обнаружил, что она совершила оборот за двадцать пять дней и два часа. На широте 20° этот период составляет около двадцати пяти дней и восемнадцати часов, на 30° - не менее двадцати шести дней и двенадцати часов, в то время как сравнительно немногим пятнам, наблюдаемым на широте 45° , требуется двадцать семь с половиной дней, чтобы завершить свой кругооборот.

Поскольку солнце, по крайней мере в том, что касается его внешних областей, представляет собой массу газа, а не твердое тело, не было бы ничего невероятного в предположении, что пятна иногда движутся сами по себе, подобно кораблям в океане. Однако из имеющихся у нас фактов следует, что различные зоны на Солнце, соответствующие тому, что мы называем жаркой и умеренной зонами на земле, продолжают вращаться со скоростями, которые постепенно уменьшаются от экватора к полюсам. Представляется вероятным, что внутренние части солнца не вращаются так, как если бы все оно представляло собой жестко связанную массу. Масса солнца, или, по крайней мере, его большая часть, совершенно не похожа на твердое тело, и, таким образом, некоторые его части в некоторой степени свободны для независимого движения. Хотя мы не можем на самом деле видеть, как вращаются внутренние части солнца, все же здесь законы динамики позволяют нам сделать вывод, что внутренние слои солнца вращаются быстрее, чем внешние слои, и, таким образом, можно объяснить некоторые особенности движения пятен. Но в настоящее время следует признать, что существуют большие трудности в объяснении распределения пятен и закона вращения солнца.

В 1826 году Швабе, немецкий астроном, начал вести регулярный учет количества пятен, видимых на солнце. Понаблюдав за ними в течение семнадцати лет, он смог сообщить, что количество пятен, по-видимому, колебалось из года в год и что их изменения длились около десяти лет. Последующие наблюдения подтвердили это открытие, и в старых книгах и рукописях был проведен тщательный поиск информации более ранней даты. Таким образом, был составлен более или менее полный отчет о состоянии солнца в отношении пятен с начала семнадцатого века. Это позволило астрономам зафиксировать период повторяющегося максимума с большей точностью.

Течение одного из циклов появления солнечных пятен можно описать следующим образом: в течение двух или трех лет пятна больше и многочисленнее, чем в среднем; затем они начинают уменьшаться, пока примерно через шесть или семь лет от максимума они не уменьшатся до минимума; затем количество пятен начинает увеличиваться, и примерно через четыре с половиной года снова достигается максимум. Продолжительность цикла составляет в среднем около одиннадцати лет и пяти недель, но как его продолжительность, так и интенсивность максимумов несколько различаются. Например, большой максимум произошел летом 1870 года, после чего в 1879 году произошел очень низкий минимум, за которым последовал слабый максимум в конце 1883 года; затем был средний минимум примерно в августе 1889 года, за которым последовал последний наблюдаемый максимум в январе 1894 года. Не исключено, что второй период продолжительностью около шестидесяти или восьмидесяти лет влияет на регулярность одиннадцатилетнего периода. Для решения этого вопроса потребуются систематические наблюдения, проводимые в течение многих последующих лет, поскольку наблюдения солнечных пятен до 1826 года слишком неполны, чтобы решить возникающие вопросы.

По-видимому, существует любопытная связь между периодичностью пятен и их распределением по поверхности солнца. Когда минимум близок к завершению, пятна обычно начинают проявляться на широтах около 30° к северу и югу от солнечного экватора; затем они постепенно проявляются несколько ближе к экватору, так что во время максимальной частоты большинство из них появляется на широтах не выше 16° . Это расстояние от солнечного экватора продолжает уменьшаться до момента минимума. Действительно, пятна остаются очень близко к экватору еще на пару лет, пока вспышка, сигнализирующая о начале другого периода, не начнется в более высоких широтах.

Нам еще предстоит отметить необычную особенность, которая указывает на тесную связь между феноменом солнечных пятен и чисто земными явлениями магнетизма. Конечно, хорошо известно, что стрелка компаса не указывает точно на север, а отклоняется от меридиана на угол, который в разных местах разный и даже не постоянен в одном и том же месте. Например, в Гринвиче стрелка в настоящее время указывает в направлении на 17° западнее Северной широты, но эта величина подвержена очень медленным и постепенным изменениям, а также очень небольшим суточным колебаниям. Около пятидесяти лет назад Ламонт (баварский астроном, но уроженец Шотландии) обнаружил, что протяженность этого суточного колебания регулярно увеличивается и уменьшается за период, который он определил как $10\frac{1}{3}$ года, но который впоследствии был обнаружен равным $11\frac{1}{10}$ годам, что в точности совпадает с периодом появления пятен на солнце. В результате тщательного изучения записей магнитных наблюдений было обнаружено, что время максимума солнечного пятна всегда почти точно совпадает со временем максимального суточного колебания стрелки компаса, в то время как минимумы совпадают аналогичным образом. Эта тесная взаимосвязь между периодичностью солнечных пятен и ежедневными движениями магнитной стрелки - не единственное доказательство, которым мы располагаем, что существует какая-то связь между солнечными явлениями и земным магнетизмом. Время максимального количества солнечных пятен - это время большой магнитной активности, и были даже особые случаи, когда своеобразная вспышка на солнце была связана с замечательными магнитными явлениями на земле. Очень интересный случай такого рода зарегистрирован профессором Янгом, который во время наблюдений в Шермане 3 августа 1872 года заметил очень сильное возмущение поверхности солнца. В тот же день член его группы, который занимался магнитными наблюдениями и был совершенно не в курсе того, что видел профессор Янг, сказал ему, что он был вынужден прекратить свою магнитную работу из-за сильного движения своего магнита. Впоследствии по фотографическим записям в Гринвиче и Стонихерсте было установлено, что магнитная "буря", наблюдавшаяся в Америке, одновременно ощущалась в Англии. Также была замечена аналогичная связь между солнечными пятнами и северным сиянием, этот факт является естественным следствием хорошо известной связи между полярным сиянием и магнитными возмущениями. С другой стороны, следует признать, что многие поразительные магнитные бури произошли без каких-либо соответствующих возмущений со стороны солнца, [5] но даже те, кто склонен скептически относиться к связи между этими двумя классами явлений в конкретных случаях, вряд ли могут сомневаться в замечательном параллелизме между общим увеличением и уменьшением количества солнечных пятен и масштабом ежедневных перемещений стрелки компаса.

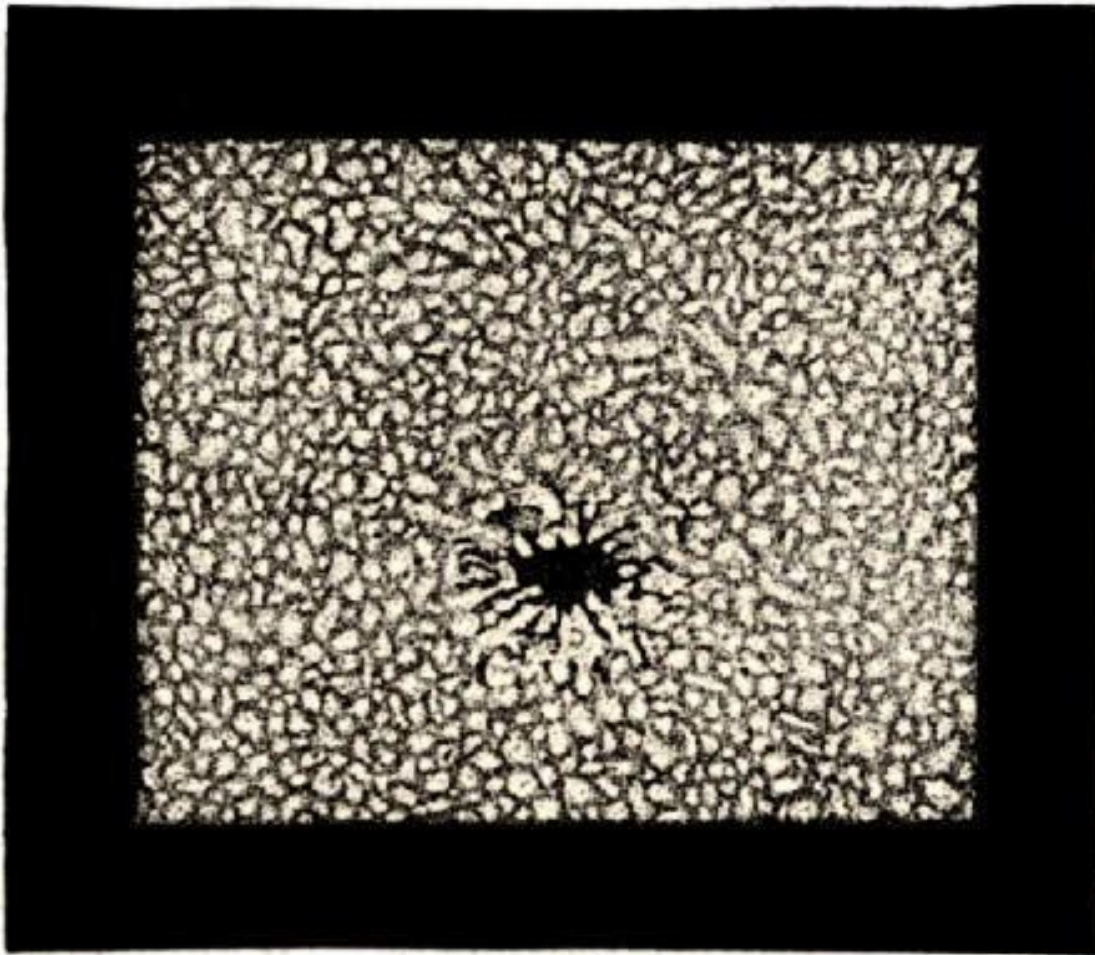


Рис.

16.Текстура Солнца и небольшое пятно.

Теперь мы описали основные солнечные явления, с которыми нас познакомил телескоп. Но есть много вопросов, связанных с природой солнца, которые даже самый мощный телескоп не позволил бы нам решить, но которые спектроскоп дал нам средства для исследования.

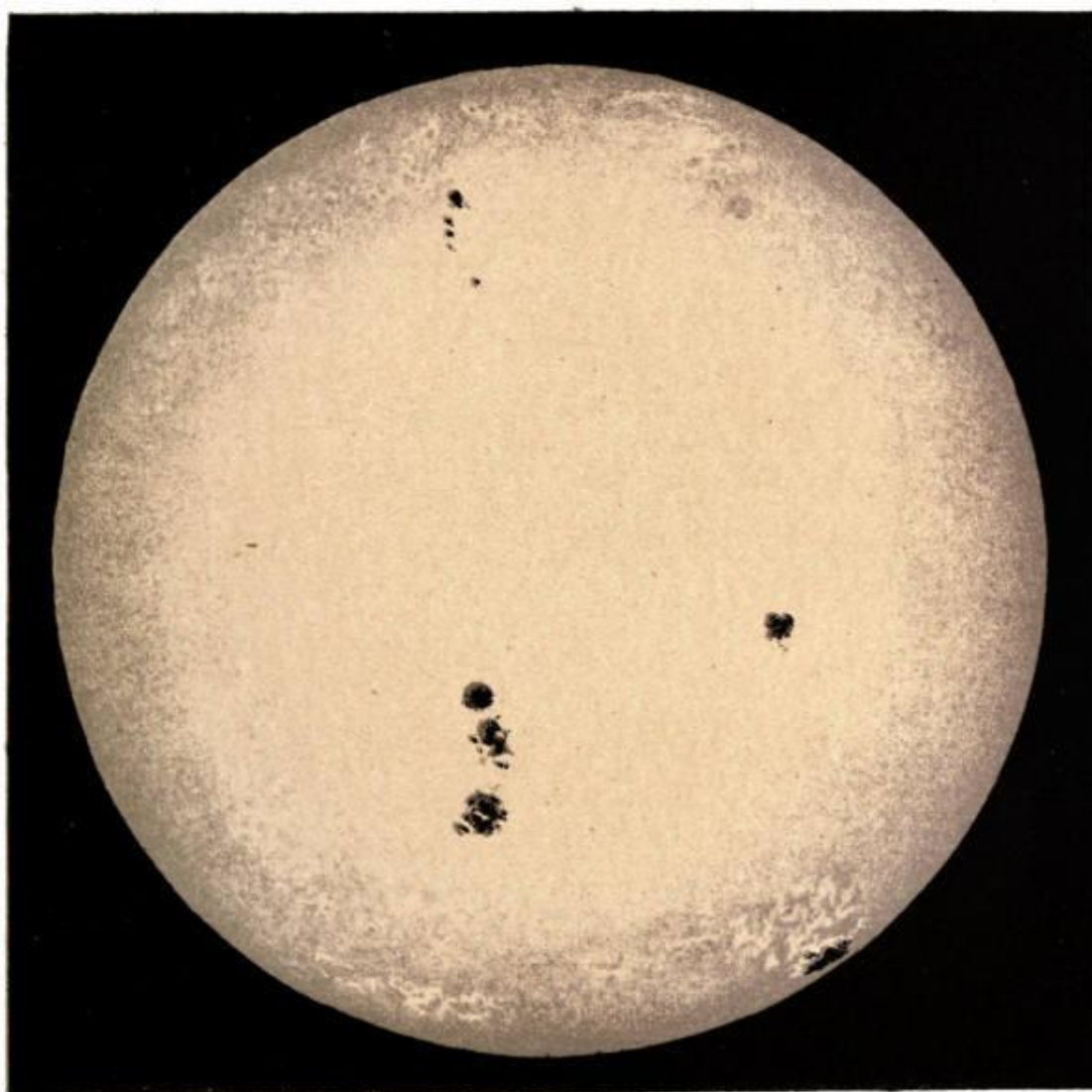
То, что мы получаем от солнца, - это тепло и свет. Сильно нагретая масса солнца излучает свои лучи во всех направлениях с безграничной расточительностью. Мы ощущаем тепло каждого луча и видим его ослепительно белым, но требуется более тонкий анализ, чем простое ощущение или видение. Каждый солнечный луч несет на себе следы своего происхождения. Эти отметины не видны до тех пор, пока не будет применен специальный процесс, но тогда можно заставить солнечный луч рассказать свою историю, и он раскроет нам многое из природы строения великого светила.

Мы считаем солнечный свет бесцветным, точно так же, как говорим о воде как о безвкусной, но оба эти выражения относятся скорее к нашим собственным ощущениям, чем к чему-либо действительно характерному для воды или солнечного света. Мы считаем солнечный свет бесцветным, потому что он образует, так сказать, фон, на котором изображены все остальные цвета. Дело в том, что белый цвет настолько далек от бесцветности, что содержит все известные оттенки, смешанные вместе в определенных пропорциях. Солнечный свет действительно чрезвычайно сложен; сама природа говорит нам об этом, если мы уделяем ей хоть малейшее внимание. Откуда берутся прекрасные оттенки, с которыми мы все знакомы? Посмотрите на прекрасные оттенки сада; красный цвет розы заключен не в самой розе. Все, что делает роза, - это улавливает падающие на нее солнечные лучи, извлекает из этих лучей тот красный цвет, который в них содержится, и излучает этот красный свет нашим глазам.

Если бы в солнечном луче не было красных лучей, передаваемых вместе с другими лучами, не было бы красной розы, которую можно было бы увидеть при солнечном свете.

Рассматриваемый здесь принцип имеет множество других применений; леди часто говорят, что платье, которое очень хорошо смотрится при дневном свете, вечером не подходит. Причина в том, что платье предназначено для передачи определенных цветов, которые присутствуют при солнечном свете; но при газовом освещении эти цвета содержатся в разной степени, и, следовательно, платье имеет другой оттенок. Ошибка не в платье, ошибка заключается в газе; и когда используется электрический свет, он излучает лучи, более похожие на солнечные, и цвета платья проявляются во всей их задуманной красоте.

Самое великолепное естественное указание на природу солнечного света можно увидеть в радуге. Здесь солнечные лучи преломляются и отражаются от крошечных водяных шариков в облаках; они передают нам солнечный свет и при этом разлагают белые лучи на семь основных оттенков — красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий, индиго и фиолетовый.



ПЛАСТИНА А.

СОЛНЦЕ.

Королевская обсерватория, Гринвич, 8 июля 1892 года.

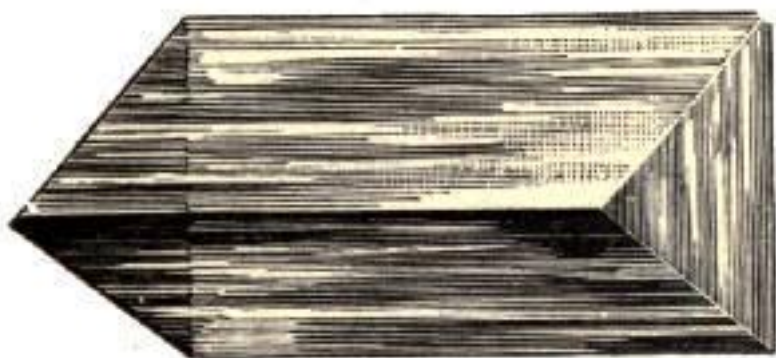


Рис. 17. Призма.

Лук, устремленный в облако, типичен для той великой области современной науки, принципы которой мы сейчас изложим. Водные шары разлагают солнечные лучи; и мы следуем курсу, предложенному радугой, и анализируем солнечный свет на составляющие. Мы можем делать это с научной точностью, когда используем этот замечательный ключ к тайнам Природы, известный как спектроскоп. Лучи белого солнечного света состоят из бесчисленных лучей всех оттенков, тесно связанных друг с другом. В солнечном луче можно найти все оттенки красного, желтого, синего и зеленого. Палочка фокусника, с помощью которой мы ловим солнечный луч и приводим спутанный моток в идеальный порядок, - это простой инструмент, известный как стеклянная призма. Мы изобразили этот инструмент в его простейшей форме на прилагаемом рисунке (рис. 17). Это кусок чистого и однородного стекла в форме клина. Когда луч света от солнца или от любого другого источника падает на призму, он проходит через прозрачное стекло и выходит с другой стороны; однако под влиянием стекла луч претерпевает заметные изменения. В результате преломления он отклоняется от пути, по которому шел изначально, и вынужден следовать по другому пути. Если бы, однако, призма искривляла все лучи света одинаково, то это не принесло бы никакой пользы при анализе света; но, к счастью, случается, что призма действует с разной эффективностью на лучи различных оттенков. Красный луч преломляется не так сильно, как желтый луч; желтый луч преломляется не так сильно, как синий. Следовательно, когда составной луч солнечного света, в котором смешаны все различные лучи, проходит через призму, они проявляются так, как показано на прилагаемом рисунке (рис. 18). Таким образом, здесь мы имеем источник анализирующей способности призмы; она неодинаково искажает различные оттенки, и, следовательно, луч составного солнечного света, пройдя через призму, больше не показывает просто белый свет, а расширяется в цветную полосу света, с оттенками, подобными радуге, переходящими от темно-красного на одном конце через все промежуточные уровни к фиолетовому.

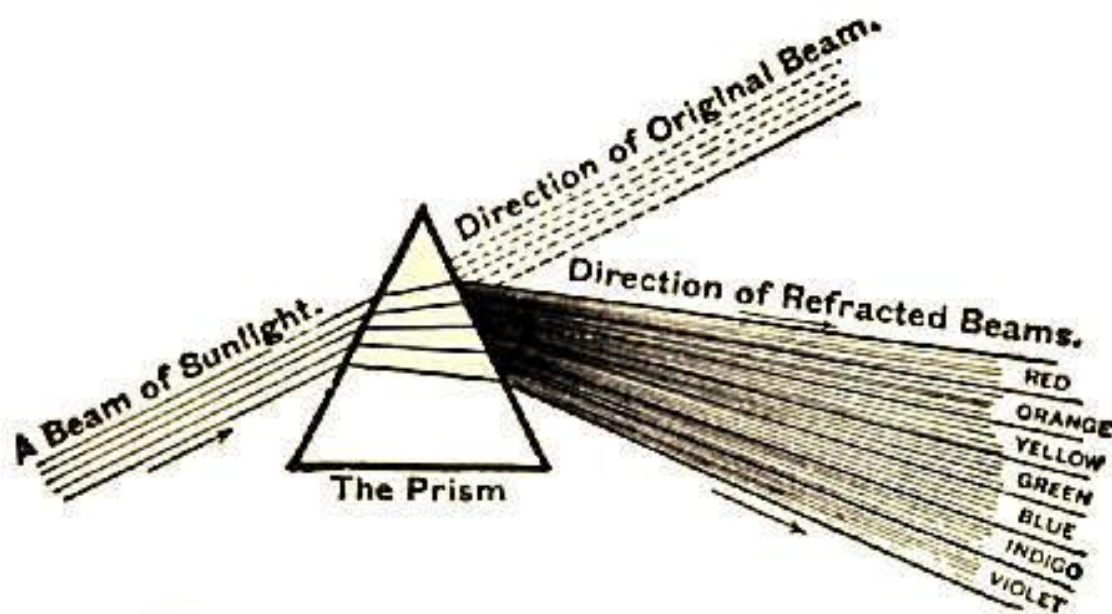


Рис.

18. Рассеивание света призмой.

В призме мы имеем средство разложения солнечного света или света от любого другого источника на составные части. Изучение качества света при анализе позволяет нам узнать кое-что о строении тела, из которого исходил этот свет. Действительно, в некоторых простых случаях простого цвета света будет достаточно, чтобы указать источник, из которого он исходит. Например, при показе фейерверков иногда можно увидеть великолепный красный свет из-за металлического стронция. Глаз может определить элемент по простому цвету пламени. Существует также характерный желтый свет, создаваемый пламенем обычной соли, обжигаемой с винным спиртом. Натрий является важным компонентом соли, поэтому здесь мы узнаем другое вещество просто по цвету, который оно выделяет при горении. Мы также можем упомянуть третье вещество, магний, который горит ярким белым светом, в высшей степени характерным для этого металла.

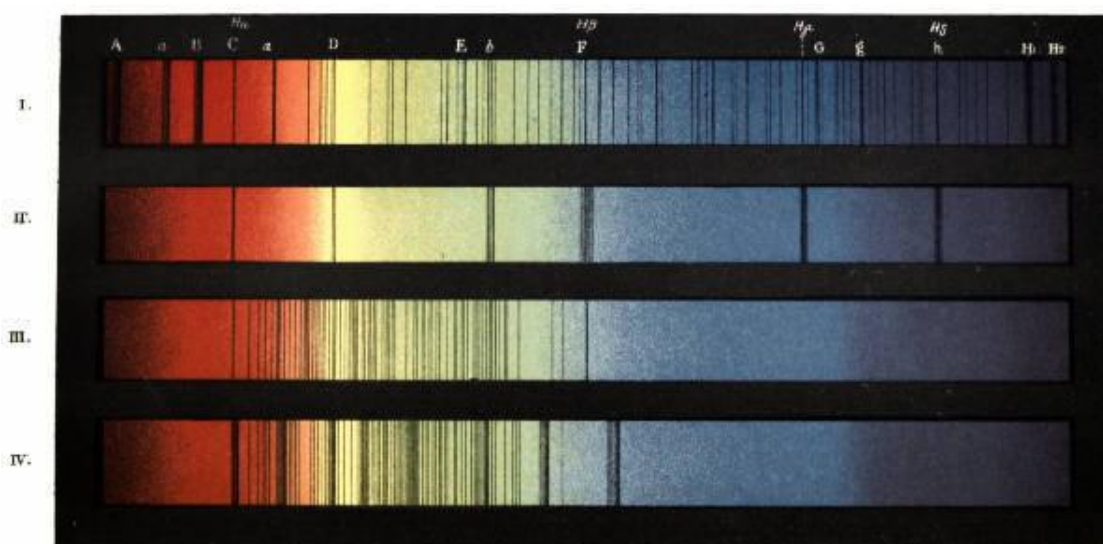


ТАБЛИЦА XIII.

СПЕКТРЫ СОЛНЦА И ЗВЕЗД.

I. СОЛНЦЕ.

II. СИРИУС.

III. АЛЬДЕБАРАН.

IV. БЕТЕЛЬГЕЙЗЕ.

Таким образом, три металла - стронций, натрий и магний - можно идентифицировать по цветам, которые они выделяют при накаливании. В этом простом наблюдении кроется зародыш современного метода исследования, известного как спектральный анализ. Теперь мы можем исследовать с помощью призмы цвета солнца и звезд, и из этого рассмотрения мы можем кое-что узнать о материалах, входящих в их состав. Мы не ограничены использованием только одной призмы, но мы можем организовать так, чтобы свет, который желательно анализировать, проходил последовательно через несколько призм, чтобы увеличить *рассеивание* или распространение различных цветов. Чтобы попасть в спектроскоп, свет сначала проходит через узкую щель, а затем лучи становятся параллельными, проходя через линзу; затем эти параллельные лучи проходят через одну или несколько призм и, наконец, просматриваются в небольшой телескоп, или они могут быть перехвачены фотопластинкой, на которой затем будет сделан снимок. Если луч света, проходящий через щель, исходил от раскаленного твердого или жидкого тела или от газа под высоким давлением, то обнаруживается, что цветная полоса или *спектр* содержит все цвета, указанные на табличке XIII, без каких-либо перерывов между цветами. Это известно как непрерывный спектр. Но если мы исследуем свет, исходящий от газа под низким давлением, что можно сделать, поместив небольшое количество газа в стеклянную трубку и заставив ее светиться электрическим током, мы обнаружим, что он испускает лучи не всех цветов, а только лучи определенных цветов, которые различаются для разных газов. Таким образом, спектр газа состоит из ряда отдельных светящихся линий.

Когда мы изучаем солнечный свет через призму, то обнаруживаем, что спектр не простирается совершенно непрерывно от одного конца до другого, а затенен множеством темных линий, лишь некоторые из которых показаны на соседней табличке. (Фото XIII.) Эти линии являются постоянной чертой солнечного спектра. Они так же характерны для солнечного света, как и сами призматические цвета, и полны интереса и информации о солнце. Эти строки - символы, в которых написана история и природа солнца. При наблюдении с помощью прибора достаточной мощности можно обнаружить темные линии, пересекающие солнечный спектр сотнями и тысячами. Они бывают всевозможной силы и слабости; их распределение, по-видимому, не подчиняется простому закону. В некоторых частях спектра имеется всего несколько линий; в других областях они расположены так близко друг к другу, что их трудно разделить. В некоторых местах они необычайно тонки и ажурны, и они никогда не перестают вызывать восхищение у каждого, кто смотрит на это интересное зрелище с помощью хорошего инструмента.

Не может быть лучшего метода изложения довольно сложного предмета спектрального анализа, чем фактическое следование шагам первоначального открытия, которое впервые ясно продемонстрировало значение темных линий "Фраунгофера". Давайте сосредоточим наше внимание особенно на той линии солнечного спектра, которая обозначена как D. При наблюдении в спектроскоп обнаруживается, что она состоит из двух линий, очень аккуратно разделенных минутным интервалом, причем одна из этих линий немного толще другой. Предположим, что, пока внимание сосредоточено на этих линиях, пламя обычной спиртовки, окрашенной обычной солью, держат перед прибором так, чтобы луч прямого солнечного света проходил через пламя, прежде чем попасть в спектроскоп. Наблюдатель сразу видит, как две линии, известные как D, вспыхивают со значительно увеличенной чернотой и яркостью, в то время как другого заметного эффекта в спектре нет. Несколько испытаний показали, что это усиление линий D происходит из-за паров натрия, образующихся при сгорании соли в лампе, через которую проходил солнечный свет.

Совершенно невозможно, чтобы эта чудесная связь между натрием и D-линиями спектра была просто случайной. Даже если бы речь шла только об одной линии, было бы в высшей степени маловероятно, что совпадение возникло случайно; но когда мы обнаруживаем, что натрий влияет на обе из двух близких линий, образующих D, наше убеждение в том, что между этими линиями и натрием должна быть какая-то глубокая связь, возрастает до абсолютной уверенности. Предположим, что солнечный свет отключен и что исключен весь другой свет, кроме того, который исходит от светящихся паров натрия в спиртовом пламени. Затем, посмотрев в спектроскоп, мы обнаружим, что мы больше не видим всех цветов радуги; свет от натрия концентрируется в две ярко-желтые линии, занимающие именно то положение, которое темные линии D занимали в солнечном спектре и темноту которого, казалось, усиливало пламя натрия.

Здесь мы должны попытаться устранить то, что на первый взгляд может показаться парадоксом. Как получается, что, хотя натриевое пламя создает две *яркие* линии при наблюдении в отсутствие другого освещения, на самом деле кажется, что оно усиливает две *темные* линии в спектре солнца? Объяснение этого сразу приводит нас к основополагающей доктрине спектрального анализа. Так называемые темные линии в солнечном спектре являются темными только *по контрасту* с ярким освещением остальной части спектра. В темных линиях действительно много солнечного света, хотя и недостаточно, чтобы его можно было разглядеть, когда глаз ослеплен окружающим блеском. Когда пламя спиртовки, заряженной натрием, вмешивается, оно излучает определенное количество света, который полностью локализуется в этих двух линиях. До сих пор казалось бы, что влияние натриевого пламени должно проявляться в уменьшении затемнения линий и в том, чтобы сделать их менее заметными. На самом деле, они гораздо более заметны с натриевым пламенем, чем без него. Это связано с тем фактом, что натриевое пламя обладает замечательным свойством отсекал солнечный свет, который направлялся к этим конкретным линиям; так что, хотя натрий вносит некоторый свет в линии, все же он перехватывает гораздо большее количество света, которое в противном случае освещало бы эти линии, и, следовательно, с натриевым пламенем они стали темнее, чем без него.

Таким образом, мы пришли к замечательному принципу, который привел к интерпретации темных линий в спектре солнца. Мы обнаружили, что при нагревании паров натрия они излучают свет совершенно особого типа, который, если смотреть через призму, концентрируется в двух линиях. Но пары натрия обладают также тем свойством, что свет от солнца может проходить через них без какого-либо заметного поглощения, за исключением тех особых лучей, которые имеют те же характеристики, что и две рассматриваемые линии. Другими словами, мы говорим, что если нагретый пар вещества дает спектр ярких линий, соответствующих различным видам света, то этот же самый пар будет действовать как непрозрачный экран для света этих особых видов, оставаясь прозрачным для света любого другого типа.

Этот принцип имеет такое значение в теории спектрального анализа, что мы приводим еще один пример. Возьмем элемент железо, который в очень яркой степени иллюстрирует рассматриваемый закон. Известно, что в солнечном спектре несколько сотен темных линий соответствуют спектру железа. Это соответствие наглядно демонстрируется, когда с помощью подходящего приспособления свет электрической искры от железных столбов исследуется в спектроскопе бок о бок с солнечным спектром. Линии железа на солнце идентичны по положению линиям в спектре светящихся паров железа. Но спектр железа, описанный здесь, состоит из ярких линий; в то время как те, с которыми его сравнивают на солнце, кажутся темными на ярком фоне. Их можно полностью понять, если предположить,

что пары, образующиеся от сильно нагретого железа, присутствуют в атмосфере, окружающей светящиеся слои на солнце. Этот пар поглощал бы или останавливал бы точно те же лучи, которые он испускает при раскалении, и, следовательно, мы узнаем важный факт, что железо, не в меньшей степени, чем натрий, должно в той или иной форме входить в состав солнца.

Таково вкратце знаменитое открытие современности, которое дало толкование темным линиям солнечного спектра. Спектры большого числа земных веществ были исследованы в сравнении со спектром солнца, и таким образом было установлено, что многие из элементов, известных на земле, присутствуют на солнце. Мы можем упомянуть кальций, железо, водород, натрий, углерод, никель, магний, кобальт, алюминий, хром, стронций, марганец, медь, цинк, кадмий, серебро, олово, свинец, калий. Некоторые из элементов, которые имеют наибольшее значение на земле, по-видимому, отсутствуют на солнце. Сера, фосфор, ртуть, золото, азот могут быть упомянуты среди элементов, которые до сих пор не давали никаких указаний на то, что они являются солнечными составляющими.

Также возможно, что линии вещества в атмосфере солнца могут быть настолько яркими, что свет непрерывного спектра, на который они накладываются, не способен "обратить вспять" их — т.е. превратить их в темные линии. Мы знаем, например, что яркие линии паров натрия могут быть сделаны настолько интенсивно яркими, что спектр цилиндра с раскаленной известью, помещенного за парами натрия, не меняет эти линии на противоположные. Если, таким образом, мы сделаем натриевые линии более слабыми, они могут быть уменьшены в точности до интенсивности, преобладающей в этой части спектра света лайма, и в этом случае линии, конечно, невозможно будет различить. Следовательно, вопрос о том, каких элементов на самом деле не хватает солнцу, должен, как и многие другие вопросы, касающиеся нашего великого светила, в настоящее время считаться открытым. Вскоре мы увидим, что ранее неизвестный элемент действительно был обнаружен с помощью линии, представляющей его в солнечном спектре.

Давайте теперь вернемся к солнечным пятнам и посмотрим, что спектроскоп может рассказать нам об их природе. Мы прикрепляем мощный спектроскоп к окуляру телескопа, чтобы сконцентрировать как можно больше света на щели; поэтому последняя должна располагаться точно в фокусе предметного стекла. Затем инструмент наводится на точку, так что ее изображение падает на щель, и наличие темной центральной части, называемой *тенью*, проявляется в виде темноватой полосы, которая пересекает обычный солнечный спектр из конца в конец. С обеих сторон он ограничен спектром *полутени*, который намного ярче, чем у тени, но слабее, чем у соседних областей солнца.

Из того факта, что спектр затемнен, мы узнаем, что в тени наблюдается значительное общее поглощение света. Однако это поглощение не является таким, которое было бы вызвано присутствием объемов мельчайших твердых или жидких частиц, подобных тем, которые образуют дым или облако. На это указывает факт, впервые открытый Янгом в 1883 году, что спектр затемнен неравномерно, как это было бы, если бы поглощение было вызвано плавающими частицами. В ходе исследования многих крупных и неподвижных пятен он заметил, что средне-зеленую часть спектра пересекают бесчисленные тонкие темные линии, обычно соприкасающиеся друг с другом, но кое-где разделенные яркими промежутками. Каждая линия толще в середине (соответствует центру пятна) и сужается к тонкой нити на каждом конце; действительно, большинство этих линий можно проследить по всему спектру полутени и выйти на солнечную поверхность. Следовательно, поглощение, по-видимому, вызвано газами с гораздо более низкой температурой, чем у газов, присутствующих за пределами пятна.

В красной и желтой частях спектра пятен, которые в течение многих лет специально изучал сэр Норман Локьер в Южно-Кенсингтонской обсерватории, обнаружены интересные детали, подтверждающие этот вывод. Многие темные линии в пятне не толще и не темнее, чем в обычном солнечном спектре, в то время как другие в пятнистом спектре очень сильно утолщены, такие как линии железа, кальция и натрия. Натриевые линии иногда одновременно расширены и дважды перевернуты — то есть на толстую темную линию накладывается яркая линия. Та же особенность нередко наблюдается в заметных кальциевых линиях H и K на фиолетовом конце спектра. Эти факты указывают на присутствие больших масс паров натрия и кальция над ядром. Наблюдения в Южном Кенсингтоне также выявили еще одну интересную особенность точечных спектров. Во время минимальной частоты пятен линии железа и других земных элементов выделяются среди наиболее расширенных линий; при максимуме они почти исчезают, и расширение обнаруживается только среди линий неизвестного происхождения.

Спектроскоп дал нам возможность изучать другие интересные особенности солнца, которые настолько слабы, что при ярком солнечном свете их невозможно легко наблюдать с помощью простого телескопа. Однако мы можем достаточно легко увидеть их, когда яркое тело солнца затемняется во время редких случаев полного затмения. Условия, необходимые для наступления затмения, будут более полно рассмотрены в следующей главе. Пока будет достаточно заметить, что из-за движения Луны может случиться так, что луна полностью закроет солнце, и таким образом для определенных частей земли произойдет то, что мы называем полным затмением. Несколько минут, в течение которых длится полное затмение, представляют большой интерес для астронома. Над ландшафтом царит темнота, и в этой темноте можно увидеть редкие и красивые виды.

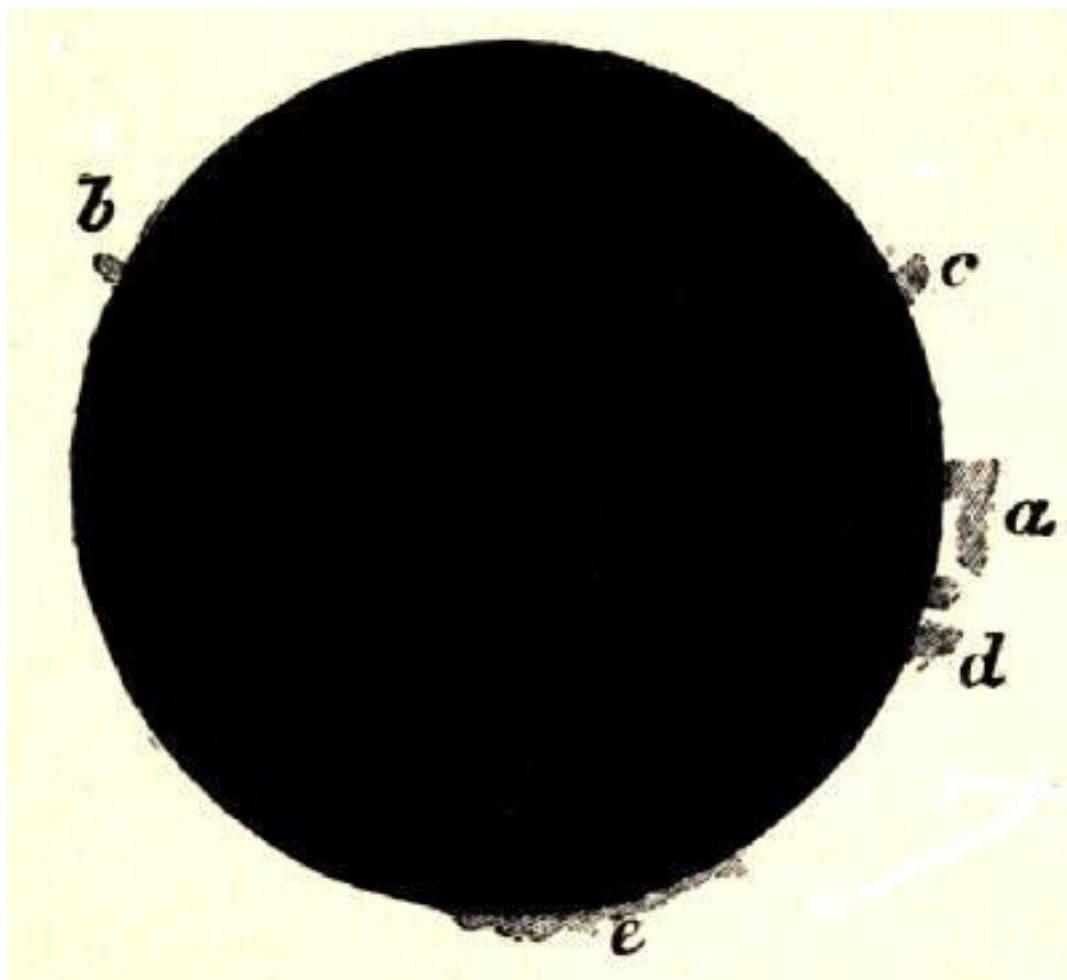


Рис. 19.

Протуберанцы, видимые при полном затмении.

На рис. 19 мы имеем диаграмму полного затмения, показывающую некоторые из замечательных объектов, известных как протуберанцы (*a, b, c, d, e*), которые выступают из-за темного тела Луны. Легко продемонстрировать, что они не принадлежат Луне, а являются своего рода придатками солнца. Впервые они появляются на восточной оконечности в начале тотальности. Те, которые видны впервые, постепенно более или менее закрываются восходящей луной, в то время как другие выглядывают из-за западного края Луны, пока все не закончится и снова не вспыхнет солнечный свет, после чего все они мгновенно исчезнут.

Первое полное затмение, произошедшее после того, как спектроскоп попал в руки астрономов, произошло в 1868 году. 18 августа того же года в Индии было видно полное затмение. Несколько наблюдателей, вооруженных спектроскопами, наблюдали за протуберанцами и смогли объявить, что их спектр состоял из отдельных ярких линий, демонстрируя таким образом, что эти объекты представляли собой массы светящегося газа. На следующий день знаменитому астроному Янссену, одному из наблюдателей затмения, удалось увидеть линии при ярком солнечном свете, поскольку теперь он точно знал, где их искать. За много месяцев до затмения сэр Норман Локьер готовился к поиску протуберанцев, поскольку ожидал, что они дадут линейчатый спектр, который был бы легко виден, если бы только обычный солнечный свет мог быть достаточно рассеян. Он предложил добиться этого с помощью спектроскопа с большой дисперсией, который значительно расширил бы непрерывный спектр и сделал бы его более слабым. Эффект большой дисперсии на отдельных ярких линиях, которые он ожидал увидеть, заключался бы только в увеличении интервалов между ними, не влияя на их яркость. Новый спектроскоп, который он приказал сконструировать для этой цели, был завершен только через несколько недель после

окончания затмения, хотя и до того, как новости о достижениях Янссена достигли Европы из Индии. Когда это известие действительно поступило, сэр Н. Локьер уже обнаружил спектр невидимых протуберанцев на краю солнца. Таким образом, честь практического применения метода наблюдения солнечных протуберанцев без помощи затмения должна быть разделена между двумя астрономами.

Когда спектроскоп направлен на край солнца так, чтобы щель была радиальной, становятся видны определенные короткие светящиеся линии, которые точно соответствуют продолжению соответствующих темных линий в солнечном спектре. При должном рассмотрении обстоятельств можно показать, что газы, образующие протуберанцы, также присутствуют в виде сравнительно неглубокого атмосферного слоя по всему периметру великого светила. Этот слой имеет глубину около пяти или шести тысяч миль и расположен непосредственно над плотным слоем светящихся облаков, которые образуют видимую поверхность солнца и которые мы называем фотосферой. Газовая оболочка, из которой исходят протуберанцы, была названа хромосферой из-за цветных линий, отображаемых в ее спектре. Таких линий очень много, но те, которые относятся к единственному веществу, водороду, преобладают настолько сильно, что мы можем сказать, что хромосфера состоит в основном из этого элемента. Однако следует отметить, что кальций и еще один элемент также неизменно присутствуют, в то время как железо, марганец и магний часто очевидны. Замечательный элемент, название которого мы еще не упомянули, имел удивительную историю.

Во время затмения 1868 года среди линий спектра протуберанцев была замечена тонкая желтая линия, и поначалу вполне естественно было предположить, что это должна быть желтая линия натрия. Но когда впоследствии были проведены тщательные наблюдения без спешки при ярком солнечном свете и были получены точные измерения, сразу же было замечено, что эта линия не идентична ни одному из компонентов двойной натриевой линии. Новая линия, без сомнения, была довольно близка к линиям натрия, но немного ближе к зеленой части спектра. Было также замечено, что обычно среди темных линий в обычном солнечном спектре не было видно ни одной соответствующей линии, хотя время от времени обнаруживалась тонкая темная линия, особенно вблизи солнечного пятна. Сэр Норман Локьер и сэр Эдвард Фрэнкленд показали, что это не было вызвано каким-либо известным земным элементом. Следовательно, предполагалось, что это вызвано каким-то доселе неизвестным телом, которому было дано название *гелий*, или солнечный элемент. Постепенно в спектре протуберанцев и хромосферы было обнаружено около дюжины менее заметных линий, которые, по-видимому, также были вызваны тем же таинственным гелием. Эти же замечательные линии в последние годы были обнаружены и в спектрах различных звезд.

Этот газ, так долго известный на небесах, был наконец обнаружен на земле. В апреле 1895 года профессор Рамзи, который вместе с лордом Рэлеем открыл новый элемент аргон, обнаружил присутствие знаменитой линии гелия в спектре газа, выделяющегося при нагревании редкого минерала, известного как клевеит, найденного в Норвегии. Таким образом, было наконец доказано, что этот элемент, существование которого впервые было обнаружено на солнце, удаленном от нас на девяносто три миллиона миль, также является земным элементом.

Когда Рунге объявил, что основная линия в спектре земного гелия имеет слабую и очень близкую сопутствующую линию на красной стороне, поначалу, казалось, возникли

некоторые сомнения в идентичности нового земного газа, открытого Рамзи, с гелием хромосферы. Гелиевая линия последнего никогда не была замечена двойной. Однако впоследствии несколько наблюдателей, снабженных очень мощными приборами, обнаружили, что знаменитая линия в хромосфере действительно имела очень слабую сопутствующую линию. Таким образом, самым замечательным образом была установлена идентичность между небесным гелием и газом, обнаруженным на нашем земном шаре. Определенные обстоятельства, по-видимому, указывают на то, что новый газ, возможно, представляет собой смесь двух газов разной плотности, но до настоящего времени это не было доказано.

После того, как было обнаружено, что можно видеть спектры протуберанцев, не дожидаясь затмения, сэр У. Хаггинс в ходе наблюдения 13 февраля 1869 года успешно применил метод наблюдения самих замечательных солнечных объектов, а не просто их спектров при ярком солнечном свете. Необходимо только настроить спектроскоп таким образом, чтобы одна из самых ярких линий — *например*, красная линия водорода — находилась в середине поля обзорного телескопа, а затем широко открыть щель спектроскопа. После этого вместо простой линии будет отображено красное изображение выступа. Фактически, когда щель широко открыта, призмы создают серию отдельных изображений наблюдаемого выступа, по одному для каждого вида света, который излучает объект.

Мы говорили о спектроскопе как зависящем от действия стеклянных призм. Остается добавить, что в спектроскопах высшего класса призмы заменены линейчатыми решетками, от которых отражается свет. Результатом этого решения является то, что с помощью так называемой дифракции достигается требуемое разделение луча света на его составные части.

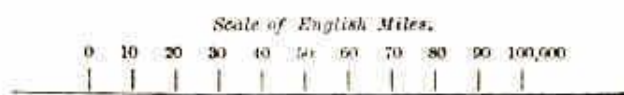
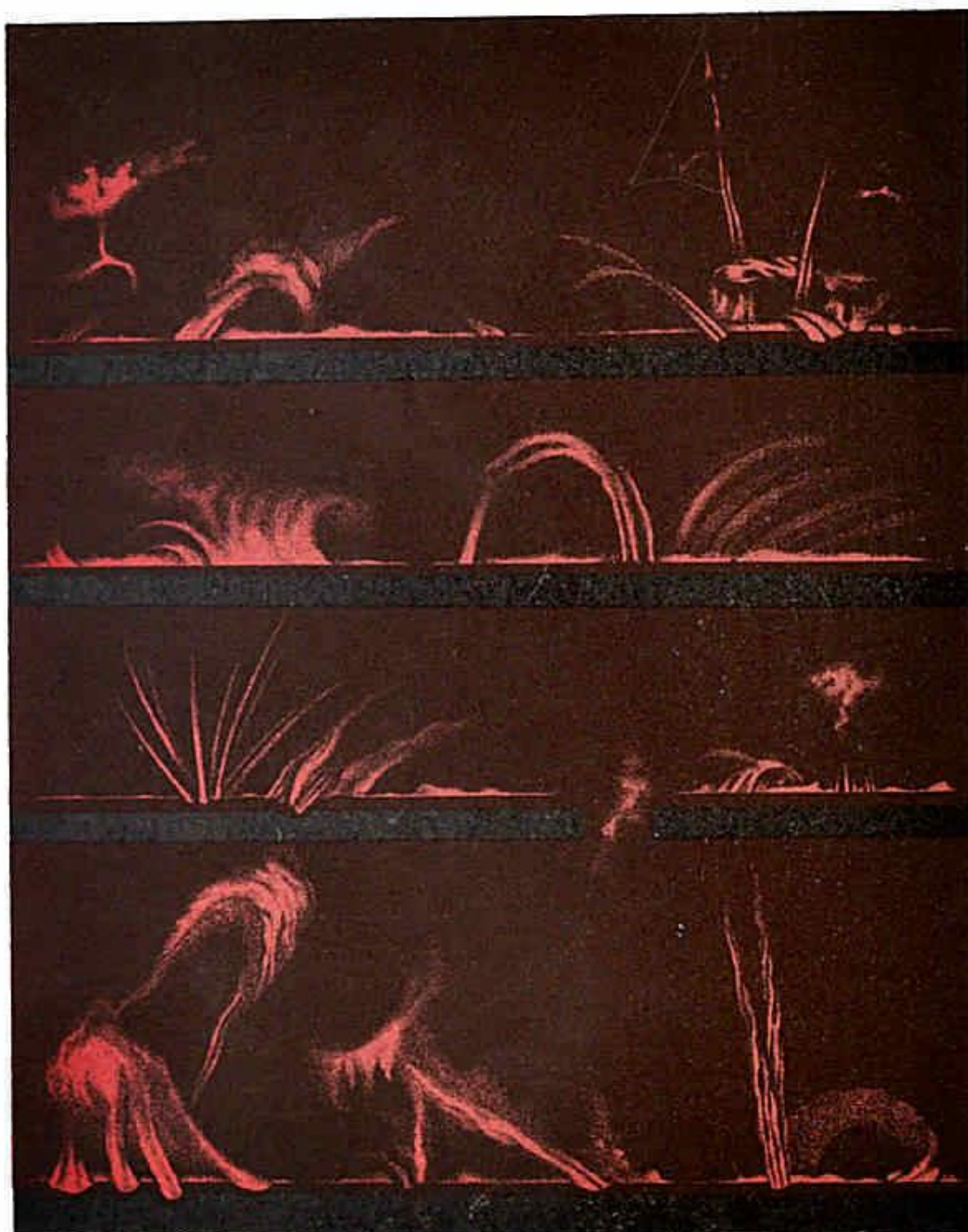


ФОТО IV.

СОЛНЕЧНЫЕ ПРОТУБЕРАНЦЫ.

(НАРИСОВАН ТРУВЕЛО В ГАРВАРДСКОМ КОЛЛЕДЖЕ, КЕМБРИДЖ, США, В 1872 ГОДУ.)

Поистине величественны пропорции некоторых из тех могучих протуберанцев, которые выступают из светящейся поверхности; и все же они мерцают, как и наше земное пламя, когда мы даем им время, сравнимое с их гигантскими размерами. Рисунки одного и того же выступа, сделанные с интервалом в несколько часов или даже меньше, часто демонстрируют большие изменения. Величина замеченных перемещений иногда достигает

многих тысяч миль, а фактическая скорость, с которой перемещаются такие массы, часто превышает 100 миль в секунду. Еще более сильными становятся конвульсии, когда с поверхности хромосферы, как из могучей печи, вверх выбрасываются огромные раскаленные массы газа. На рисунке IV показан ряд протуберанцев, виденных Трувелло в обсерватории Гарвардского колледжа, Кембридж, США. А. Трувелло преуспел в том, чтобы показать на различных снимках поразительное разнообразие аспектов, которые принимают эти объекты. Размеры выступов можно определить по шкале, приложенной к табличке. Высота самого большого из показанных здесь составляет целых 80 000 миль; а заслуживающие доверия наблюдатели зафиксировали выступления еще большей высоты. Быстрые изменения, которым иногда подвергаются эти объекты, хорошо проиллюстрированы на двух набросках слева от нижней линии, которые были сделаны 27 апреля 1872 года. Это оба рисунка одного и того же выступа, сделанные с интервалом не более двадцати минут. Это могучее пламя настолько велико, что его длина в десять раз превышает диаметр земли, однако за этот короткий период оно полностью изменило свой облик; верхняя часть пламени, действительно, оторвалась и теперь показана в той части рисунка между двумя фигурами на линии выше. На той же пластинке также изображены различные экземпляры замечательных шипообразных объектов, снятых, однако, в разное время и в разных частях солнца. Эти шипы достигают высоты, обычно не превышающей 20 000 миль, хотя иногда они взлетают на огромные расстояния.

Мы можем сослаться на один особый объект такого рода, замечательная история которого была описана профессором Янгом. 7 октября 1880 года, примерно в 10.30 утра, на юго-восточной оконечности солнца был замечен протуберанец. В то время он находился на высоте около 40 000 миль и не привлекал особого внимания. Полчаса спустя произошло чудесное превращение. За этот короткий промежуток времени протуберанец стал очень ярким и удвоил свою длину. Еще в течение часа могучее пламя все еще поднималось вверх, пока не достигло беспрецедентной высоты в 350 000 миль — расстояния, более чем в треть диаметра самого великого светила. В этот кульминационный момент энергия мощной вспышки, похоже, наконец иссякла: пламя распалось на фрагменты, и к 12.30 — промежутку всего в два часа с момента, когда его впервые заметили, — явление полностью угасло.

Несомненно, это конкретное извержение было исключительным по своей силе и масштабности изменений, о которых оно свидетельствовало. Скорость опрокидывания, должно быть, составляла по меньшей мере 200 000 миль в час, или, другими словами, более пятидесяти миль в секунду. Это мощное пламя вырвалось из солнца со скоростью, более чем в 100 раз превышающей скорость самой быстрой пули, когда-либо выпущенной из винтовки.

Протуберанцы обычно можно разделить на два класса. Во-первых, те, которые относительно неподвижны и по форме чем-то напоминают облака, плавающие в атмосфере нашей Земли. Протуберанцы второго класса лучше всего описать как эруптивные. Фактически они выбрасываются из хромосферы в виде гигантских струй раскаленного материала. Эти два класса объектов различаются не только по внешнему виду, но и по газам, из которых они состоят. Похожие на облака протуберанцы состоят в основном из водорода, гелия и кальция, в то время как в изверженных выбросах присутствует много металлов. Последние никогда не наблюдаются вблизи полюсов солнца, но обычно появляются вблизи солнечного пятна, что подтверждает вывод о том, что пятна связаны с сильными возмущениями на поверхности солнца. Когда пятно достигает края солнца, часто обнаруживается, что оно окружено протуберанцами. В нескольких случаях даже удалось обнаружить мощные газовые извержения поблизости от пятна, спектроскоп делает их видимыми на фоне поверхности Солнца точно так же, как протуберанцы наблюдаются на краю пятна на фоне неба.

Чтобы сфотографировать выступ, мы, конечно, должны заменить глаз наблюдателя фотопластинкой. Однако из-за трудности предотвращения того, чтобы слабый свет от протуберанца не перекрывался посторонним светом, фотографирование этих тел было не очень успешным, пока профессор Хейл из Чикаго не сконструировал свой спектрогелиограф. В этом приборе имеется (в дополнение к обычной щели, через которую свет падает на призмы, или решетку) вторая щель непосредственно перед фотопластинкой, через которую может проходить свет заданной длины волны, исключая все остальные. Свет, выбранный для создания изображения протуберанцев, излучается в виде замечательной "линии К", благодаря кальцию. Она находится на крайнем конце фиолетового. Свет из этой части спектра, хотя и невидим для глаза, гораздо более активен фотографически, чем свет из красной, желтой или зеленой частей спектра. Передний разрез отрегулирован таким образом, чтобы линия К приходилась на второй разрез, и поскольку передний разрез медленно перемещается часовым механизмом по всему выступу, второй разрез поспевает за ним с помощью механического приспособления.

Если изображение солнечного диска скрыто экраном точно соответствующего размера, можно сделать так, чтобы щели охватывали все солнце, таким образом, за одну экспозицию мы получаем изображение хромосферного кольца вокруг лимба солнца с его протуберанцами. Теперь экран можно убрать, и можно сделать щели, чтобы они быстро охватывали сам диск. Они показывают наличие светящихся паров кальция во многих частях поверхности Солнца. Таким образом, мы получаем поразительную картину солнца, нарисованную этим конкретным светом. Таким образом, профессор Хейл подтвердил наблюдение, сделанное задолго до этого профессором Янгом, что в спектрах *faculae* всегда видны две большие кальциевые полосы.

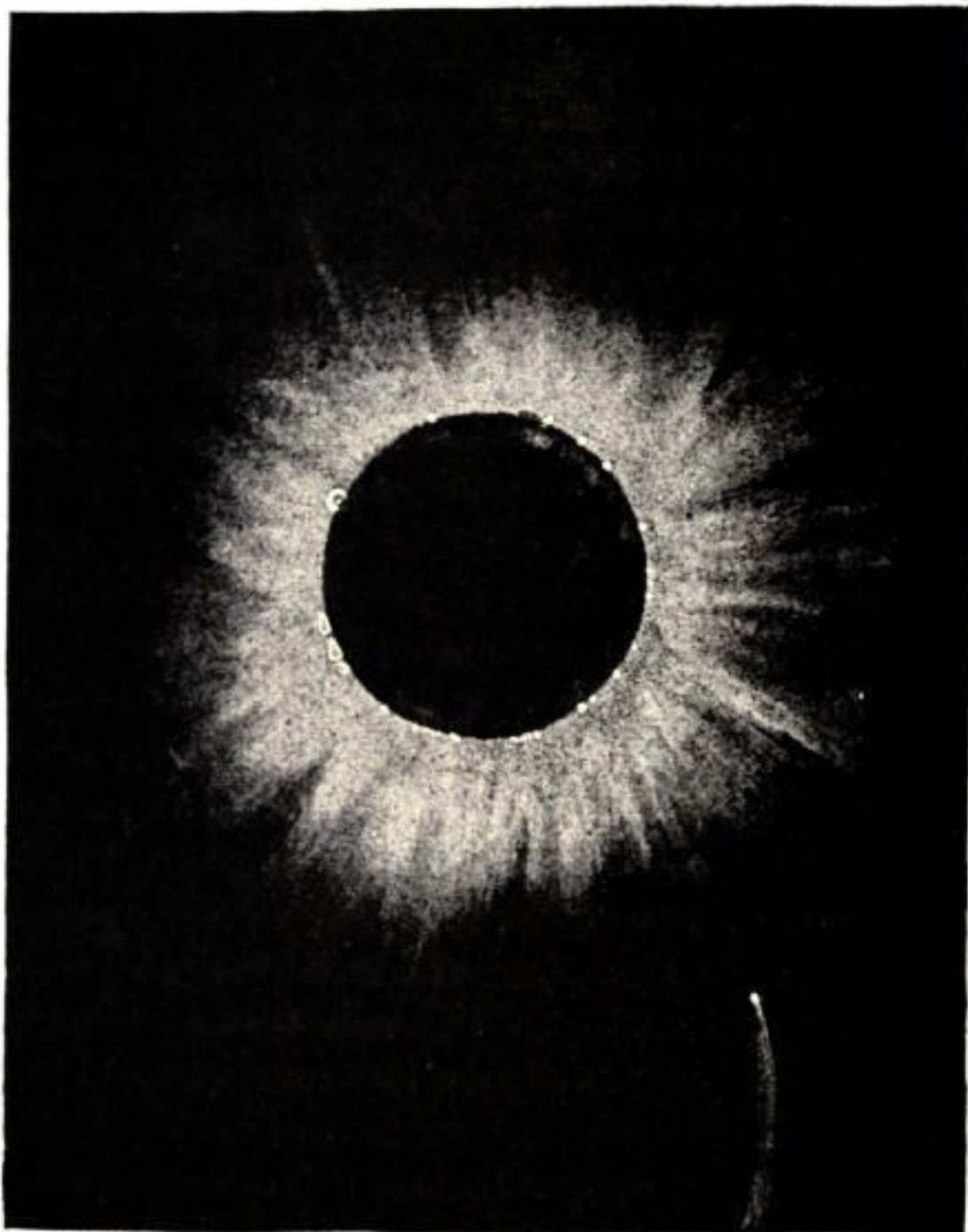
Скорость, с которой протуберанец устремляется вверх от края солнца, может, конечно, быть измерена непосредственно обычными наблюдениями с помощью микрометра. Спектроскоп, однако, позволяет нам оценить скорость, с которой возмущения на поверхности Солнца распространяются в направлении к земле или от земли. Мы можем измерить эту скорость, наблюдая за своеобразным поведением спектральных линий, представляющих быстро движущиеся массы. Это открывает замечательное направление исследований, имеющее важные приложения во многих областях астрономии.

Конечно, в настоящее время общепринято, что ощущение света вызывается волнами, которые воздействуют на сетчатку глаза после прохождения через ту среду, которую мы называем эфиром. Разным цветам соответствуют разные длины волн, то есть разные расстояния между двумя последовательными волнами. Луч белого света образуется в результате объединения бесчисленного множества различных волн, длины которых имеют почти все возможные значения, лежащие в определенных пределах. Длина волны красного света такова, что на дюйм приходится 33 000 волн, в то время как длина волны фиолетового света составляет лишь немногим более половины длины волны красного света. Положение линии в спектре зависит исключительно от длины волны света, которому она обязана. Предположим, что источник света приближается непосредственно к наблюдателю; очевидно, что волны следуют друг за другом более близко, чем если бы источник находился в состоянии покоя, и количество колебаний, которые его глаз улавливает за секунду, должно быть пропорционально увеличено. Таким образом, расстояние между двумя последовательными эфирными волнами будет очень незначительно уменьшено. Хорошо известным явлением аналогичного характера является изменение высоты свистка локомотива, когда он проносится мимо. Это особенно заметно, если наблюдатель случайно оказывается в поезде, который быстро движется в противоположном направлении. В случае

звука, конечно, колебания или волны происходят в воздухе, а не в эфире. Но эффект движения к наблюдателю или от него в обоих случаях строго аналогичен. Однако, поскольку свет распространяется со скоростью 186 000 миль в секунду, источнику света также придется перемещаться с очень высокой скоростью, чтобы вызвать даже малейшее заметное изменение положения спектральной линии.

Мы уже видели, что чрезвычайно высокие скорости ни в коем случае не являются редкостью при некоторых из этих мощных возмущений на солнце; соответственно, когда мы исследуем спектр солнечного пятна, мы часто видим, что некоторые линии немного смещены к одному концу спектра, а иногда и к другому, в то время как в других случаях линии кажутся искаженными или перекрученными самым фантастическим образом, что указывает на очень сильные локальные возмущения. Если пятно находится недалеко от центра солнечного диска, газы должны устремляться вверх или вниз, чтобы вызвать такие изменения линий. Скорости, указанные в наблюдениях этого класса, иногда достигают двухсот или даже трехсот миль в секунду. Нам трудно представить огромные внутренние давления, которые требуются, чтобы поднимать такие огромные массы газов из фотосферы со столь ужасающими скоростями, или условия, которые вызывают обрушивание таких гигантских масс пара сверху. В спектрах протуберанцев на лимбе солнца мы также часто видим яркие линии, изогнутые или смещенные в одну сторону. В таких случаях то, что мы наблюдаем, очевидно, вызвано движениями вдоль поверхности хромосферы, переносящими материалы к нам или от нас.

Интересное применение этого прекрасного метода измерения скорости движущихся тел было сделано в различных попытках определить период вращения солнца спектроскопически. Когда солнце поворачивается вокруг своей оси, точка на восточном ветре движется к наблюдателю, а точка на западном ветре удаляется от него. В каждом случае скорость составляет чуть более мили в секунду. На восточной оконечности линии в солнечном спектре очень незначительно смещены к фиолетовому концу спектра, в то время как линии в спектре западной оконечности одинаково смещены к красному концу. С помощью хитроумного оптического устройства можно расположить спектры двух ветвей рядом, что удваивает кажущееся смещение и, таким образом, значительно упрощает измерение. Даже при таком устройстве визуальные величины, подлежащие измерению, остаются чрезвычайно малыми. Все части прибора должны быть максимально точно отрегулированы, и наблюдения соответственно деликатны. Они были предприняты различными наблюдателями. Среди наиболее успешных исследований такого рода мы можем упомянуть исследование шведского астронома Дюнера, который, направив свой инструмент в ряд мест на лимбе, нашел значения, хорошо согласующиеся со своеобразным законом вращения, который был выведен из движения солнечных пятен. Этот результат особенно интересен, поскольку он показывает, что слои атмосферы, в которых происходит поглощение, создающее темные линии в спектре, участвуют в движении фотосферы на той же широте.



Короны (и кометы) во время полного затмения.

Рис. 20. Вид

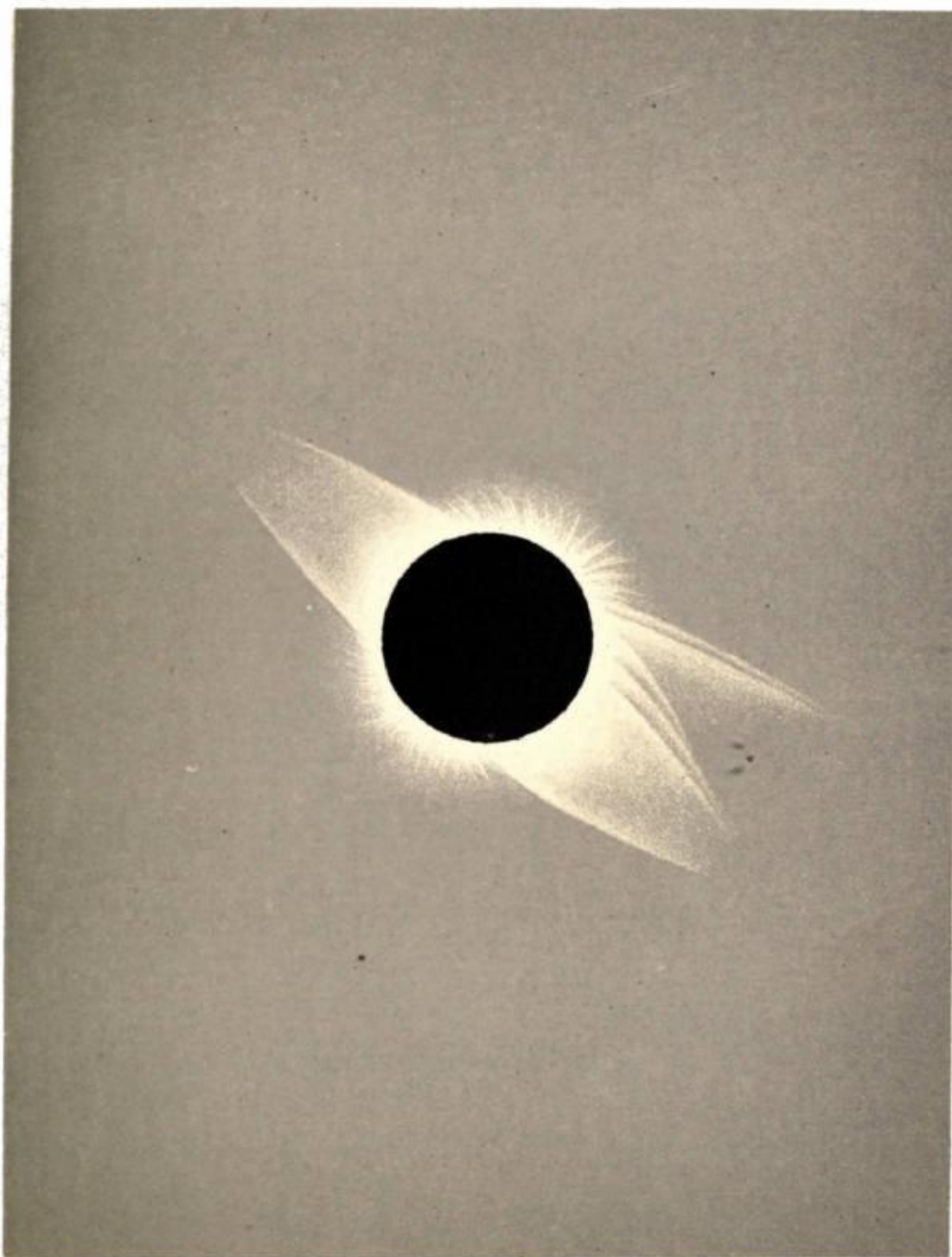


ФОТО V.

ПОЛНОЕ СОЛНЕЧНОЕ ЗАТМЕНИЕ, 29 июля 1878 г.
КОРОНА НА ФОТОГРАФИЯХ.
(ХАРКНЕСС.)

Нам еще предстоит упомянуть об одном поразительном явлении, которое является одним из главных достопримечательностей для наблюдателей полных затмений и которое до сих пор не удавалось увидеть при полном дневном свете. Это корона или ореол света, который внезапно окружает солнце во время затмения, когда луна полностью закрывает последний оставшийся полумесяц солнца. Общее представление о внешнем виде короны дано на рисунке 20, а далее мы представляем на рисунке V. рисунок короны, сделанный

профессором Харкнессом на основе сравнения большого количества фотографий, полученных в разных местах Соединенных Штатов во время полного затмения 29 июля 1878 года. На рис. 21 по доброте мистера и миссис Маундер нам разрешено воспроизвести замечательную фотографию короны, полученную ими в Индии во время затмения 22 января 1898 года.

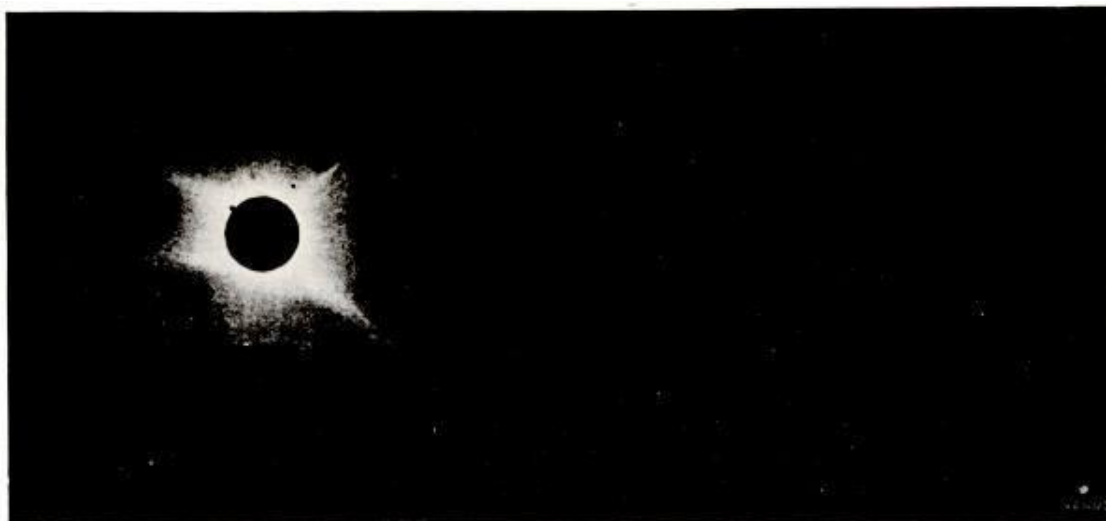


Рис. 21. Вид

Короны во время затмения 22 января 1898 г.

(Воспроизведено с любезного разрешения мистера и миссис Маундер и владельцев "Knowledge".)

Ближайшая к солнцу часть короны очень яркая, хотя и не такая яркая, как протуберанцы, которые (как говорит профессор Янг) просвечивают сквозь нее подобно карбункулам. Эта внутренняя часть обычно имеет довольно правильные очертания, образуя белое кольцо шириной примерно в десятую часть солнечного диаметра. Внешние части короны обычно очень неправильной формы и очень обширны. Они часто прерываются узкими "трещинами" или узкими темными полосами, которые тянутся от края солнца через всю корону. С другой стороны, иногда встречаются также узкие яркие полосы, наклоненные под разными углами к краю солнца и нередко изогнутые. Во время затмений 1867, 1878 и 1889 годов, все из которых происходили в периоды минимума солнечных пятен, в короне были видны длинные и слабые полосы света почти в направлении солнечного экватора и короткие, но отчетливые полосы света вблизи полюсов. Во время затмений 1870, 1882 и 1893 годов, вблизи максимумов солнечных пятен, корона имела более правильную круглую форму и в основном формировалась над зонами пятен. Здесь мы имеем еще одно доказательство (если бы оно было необходимо) тесной связи между периодичностью пятен и развитием всех других солнечных явлений.

В спектре короны есть таинственная линия зеленого цвета, о происхождении которой в настоящее время ничего определенно не известно. Лучше всего это видно во время затмений, происходящих вблизи времени максимума солнечных пятен. В обычном солнечном спектре он представлен в виде очень тонкой темной линии, которая обычно остается нетронутой, даже когда линии водорода и других веществ искривляются сильным напором возмущенных элементов. Эта линия всегда присутствует среди ярких линий хромосферного спектра. В дополнение к этому на короне видны несколько других ярких линий, принадлежащих, без сомнения, тому же неизвестному элементу ("корониум"), а также слабый непрерывный спектр, в котором иногда были обнаружены даже несколько наиболее заметных темных линий солнечного спектра. Это показывает, что в дополнение к светящемуся газу (представленному яркими линиями) корона также содержит большое

количество вещества, такого как пыль или туман, мельчайшие частицы которого способны отражать солнечный свет и, таким образом, создавать слабый непрерывный спектр. Это вещество, по-видимому, образует основную составляющую длинных корональных лучей и серпантинов, поскольку последние не видны на отдельных изображениях короны, которые появляются вместо ярких линий, когда корону рассматривают или фотографируют во время затмения в спектроскоп без щели. Если бы длинные лучи состояли из газа или газов, составляющих внутреннюю корону, очевидно, что они должны были бы появиться на этих отдельных изображениях. Что касается природы сил, которые постоянно задействованы в выбрасывании этих чрезвычайно длинных лент, то в настоящее время мы располагаем весьма скудной информацией. Однако несомненно, что обширная атмосферная оболочка вокруг Солнца, которая проявляется как внутренняя корона, должна быть чрезвычайно ослаблена. Известно, что кометы несколько раз проносились сквозь эту корональную атмосферу, не проявляя ни малейшего заметного уменьшения своей скорости из-за сопротивления, которому они подвергались.

Путем наблюдений мы накопили большое количество фактов, касающихся Солнца, но когда мы пытаемся сделать из этих фактов выводы относительно физического строения этого огромного тела, нельзя отрицать, что трудности кажутся действительно очень большими. Мы обнаруживаем, что лучшие авторитеты значительно расходятся во мнениях, которых они придерживаются относительно его природы. Здесь мы изложим основные выводы, относительно которых практически нет разногласий.

В следующей главе мы увидим, что астрономам удалось определить относительную плотность тел Солнечной системы; другими словами, они обнаружили соотношение между количествами вещества, содержащимися в одинаково большом объеме каждого из них. Таким образом, было установлено, что средняя плотность Солнца составляет примерно четверть плотности Земли. Если мы сравним вес солнца с весом такого же огромного водного шара, мы обнаружим, что светило было бы едва ли в полтора раза тяжелее воды. Конечно, фактическая масса Солнца очень огромна; она не менее чем в 330 000 раз больше массы земли. Однако сам солнечный материал относительно легкий, так что солнце в четыре раза больше, чем оно должно было бы быть, если бы при неизменном весе его плотность равнялась плотности Земли. Принимая во внимание эту легкость солнца, а также чрезвычайно высокую температуру, которая, как мы знаем, там преобладает, не представляется возможным никакого другого вывода, кроме того, что тело солнца должно находиться в газообразном состоянии. Условия, при которых такие газы существуют на солнце, без сомнения, совершенно отличаются от тех, с которыми мы знакомы на земле. На поверхности Солнца сила тяжести более чем в двадцать семь раз больше, чем на земле. Человек, который на земле мог бы просто поднять двадцать семь равных кусков металла, если бы его перенесли на солнце, смог бы поднять только один из этих кусков за раз. Следовательно, давление газов под поверхностью должно быть очень велико, и можно было бы предположить, что в результате они станут жидкими. Однако Эндрюс обнаружил, что до тех пор, пока газ поддерживается при температуре выше определенной точки, известной как "критическая температура" (которая различна для разных газов), газ не превратится в жидкость, каким бы большим ни было давление, которому он подвергается. Температура на солнце не может быть ниже критической температуры существующих там газов; поэтому может показаться, что даже огромное давление вряд ли может превратить газы в великом светиле в жидкую форму.

О внутренней части солнца мы, конечно, можем ожидать, что узнаем мало или вообще ничего. То, что мы наблюдаем, - это поверхностный слой, так называемая фотосфера, в

которой космический холод вызывает конденсацию газов в те светящиеся облака, которые мы видим на наших рисунках и фотографиях как "рисовые зерна" или "ивовые листья". Доктором Джонстоном Стоуни (а впоследствии профессором Хастингсом из Балтимора) было высказано предположение, что эти светящиеся облака в основном состоят из углерода с примесями родственных элементов кремния и бора, температуры кипения которых намного выше, чем у других элементов, которые, как можно было бы считать, вероятно, образуют фотосферные облака. Низкий атомный вес углерода также должен придавать молекулам этого элемента очень высокую скорость и, таким образом, позволять им прокладывать себе путь в верхние слои, где температура настолько упала, что пар охлаждается до состояния облака. Необходимым следствием быстрого охлаждения этих облаков и последующего излучения тепла в больших масштабах было бы образование того, что мы, возможно, можем описать как дым, который постепенно оседает в промежутках между облаками (делая эти промежутки кажущимися темнее), пока он снова не испарится при достижении уровня большей температуры ниже облаков. Этот же самый дым, вероятно, является причиной хорошо известного факта, что оконечность солнца значительно слабее середины диска. По-видимому, это происходит из-за большего поглощения, вызванного большим расстоянием, которое луч света из точки рядом с конечностью должен пройти через этот слой дыма, прежде чем достичь земли. Показано, что это поглощение не может быть отнесено к газовой атмосфере, поскольку это привело бы к образованию более темных линий поглощения в спектре. Таким образом, было бы заметное различие между солнечным спектром из части, расположенной ближе к середине диска, и спектром из части, расположенной ближе к краю. Однако мы не находим, что это так.

Что касается природы солнечных пятен, идея, впервые предложенная Секки и Локьером, о том, что они представляют собой потоки более холодных паров в фотосферу (или к ее поверхности), в целом, по-видимому, лучше всего согласуется с наблюдаемыми явлениями. Мы уже упоминали, что пятна обычно сопровождаются факулами и эруптивными протуберанцами в непосредственной близости от них, но вызваны ли эти извержения выпадением пара, которое заставляет фотосферное вещество "выплескиваться" в непосредственной близости, или же извержения происходят первыми и за счет уменьшения восходящего давления снизу образуют "сток", в который опускается более холодный пар, находящийся выше, - это проблема, относительно которой мнения все еще сильно разделились.

Замечательный придаток к солнцу, простирающийся на расстояние, намного большее, чем расстояние от короны, производит явление зодиакального света. Весной иногда можно увидеть жемчужное сияние, которое распространяется по части неба в непосредственной близости от точки, где солнце исчезает после захода солнца. То же самое зрелище можно наблюдать и перед восходом солнца осенью, и может показаться, что материал, производящий зодиакальный свет, каким бы он ни был, имел форму линзы с солнцем в центре. Природа этого объекта все еще остается предметом неопределенности, но он, вероятно, состоит из какой-то пыли, поскольку его слабый спектр имеет непрерывный характер. Вид зодиакального света показан на рис. 22.

Во всех направлениях солнце с самой расточительной щедростью изливает свои потоки света и тепла. Земля может охватить лишь ничтожную долю, меньше, чем 2 000 000 000 тысячная часть целого. Наши соседние планеты и Луна также немного перехватывают; но как мала та часть могучего потока, которую они могут использовать! Глоток, который делает летящая ласточка из реки, так же далек от истощения воды в реке, как планеты от использования всего тепла, исходящего от солнца.

Ласковые лучи солнца придают кукурузе волшебную силу, которая позволяет ей расти и созреть. Именно солнечное тепло поднимает воду из океана в виде пара, а затем посылает этот пар в виде дождя, чтобы освежить землю и наполнить реки, которые несут наши корабли к океану. Именно жар солнца, бьющего по большим континентам, порождает бриз и ветры, которые переносят наши суда через морские глубины; и когда зимним вечером мы садимся у костра и чувствуем его бодрящие лучи, мы всего лишь наслаждаемся солнечными лучами, которые освещали землю бесчисленные века назад. Тепло тех древних солнечных лучей развило могучую растительность каменноугольного периода, и в форме угля это тепло дремало миллионы лет, пока мы теперь не вызвали его снова к жизни. Именно энергия солнца, накопленная в угле, приводит в действие наши паровые машины. Это солнечный свет, накопленный в угле, который исходит от каждого газового фонаря в наших городах.

Силой жить и двигаться, изобилием, которым мы окружены, красотой, которой украшена природа, мы в неопишемом долгу перед одним телом в бесчисленном воинстве космоса, и этим телом является солнце.



Рис. 22.

Зодиакальный свет в 1874 году.

ГЛАВА III.

ЛУНА.

Луна и приливы—Использование Луны в навигации—Изменения Луны—Луна и поэты—Откуда Свет Луны?—Размеры Земли и Луны—Вес Луны—Изменения видимых размеров—Вариации расстояния до нее—Влияние Земли на Луну—Траектория Луны—Объяснение фаз Луны—Лунные затмения—Затмения Солнца, как они происходят—Видимость Луны при полном

затмении—Как предсказываются затмения—Использование Луны для определения долготы—Луна не связана с погодой—Топография Луны—Рисунок Нэсмита Тризнекера—Вулканы на Луне—Обычный лунный кратер—Платон—Тени лунных лучей Горы—Микрометр—Высота Луны—Прежняя активность на Луне—Взгляд Нэсмита на образование кратеров—Гравитация на Луне—Различные размеры лунных кратеров—Другие особенности Луны—Есть ли Жизнь на Луне?—Отсутствие воды и воздуха —Теория доктора Стоуни —Объяснение сурового характера лунных пейзажей —Возможность существования жизни на удаленных телах в космосе.

Если бы луна внезапно перестала существовать, мы были бы немедленно оповещены об этом воплем из каждого морского порта королевства. Из Лондона и из Ливерпуля мы услышали бы одну и ту же историю — приливы и отливы почти прекратились. Корабли, стоявшие в доке, не могли выйти; корабли снаружи не могли войти; и морская торговля всего мира была бы повергнута в ужасное замешательство.

Луна является основным фактором, вызывающим ежедневные приливы и отливы, и это самая важная работа, которую должен выполнять наш спутник. Флотилии рыбацких лодок у берегов рассчитывают время своего ежедневного передвижения в зависимости от прилива и во многом обязаны Луне за то, что она приводит их в гавань и выводит из нее. Опытные моряки уверяют нас, что приливы и отливы оказывают максимальную помощь судоходству. Вопрос о том, как Луна вызывает приливы, отложен до следующей главы, в которой мы также обрисуем удивительную роль, которую, по-видимому, сыграли приливы в ранней истории нашей земли.

Кто из нас не наблюдал с восхищением за прекрасной серией изменений, через которые проходит луна каждый месяц? Сначала мы видим ее как изящный полумесяц бледного света на западе неба после захода солнца. Если ночь ясная, остальная часть луны видна внутри полумесяца, слабо освещенная светом, отраженным от нашей собственной земли. Ночь за ночью она продвигается все дальше и дальше на восток, пока не наполнится полностью и не встанет примерно в то же время, когда заходит солнце. Со времени полнолуния световой диск начинает уменьшаться, пока не будет достигнута последняя четверть. Тогда утром луна видна высоко в небе. С течением дней форма полумесяца снова приобретает форму. Полумесяц становится все тоньше и тоньше по мере приближения спутника к солнцу. В конце концов она теряется во всепоглощающем свете солнца, чтобы снова появиться в виде новой луны и снова пройти через тот же цикл изменений.

Блеск луны возникает исключительно из-за солнечного света, который падает на несамоосвещающуюся субстанцию луны. Из огромного потока света, который солнце с такой расточительностью изливает в космос, темное тело Луны немного перехватывает, и из этого небольшого оно отражает малую толику, освещая землю. Луна проливает так много света и кажется такой яркой, что ночью часто трудно вспомнить, что на луну не падает никакого света, кроме того, что падает на нее от солнца. Тем не менее, реальная поверхность самой яркой полной луны, возможно, не намного ярче, чем улицы Лондона в ясный солнечный день. Достаточно очень простого наблюдения, чтобы показать, что свет луны - это всего лишь солнечный свет. Посмотрите как-нибудь утром на луну при дневном свете и сравните ее с облаками. Яркость луны и облаков непосредственно сравнимы, и тогда можно легко понять, как солнце, освещающее облака, также освещало луну. Была предпринята попытка составить сравнительную оценку яркости солнца и полной луны. Если бы 600 000 полных лун светили одновременно, их совокупный блеск был бы равен блеску солнца.

Прекрасный полумесяц послужил темой для многих поэтов. Действительно, если мы осмелимся так выразиться, то, по-видимому, некоторые поэты забыли, что луну можно видеть не каждую ночь. Поэтическое описание вечера почти наверняка связано с появлением луны в той или иной фазе. Мы можем привести один примечательный пример, когда поэт, описывая историческое событие, заключил в изящные стихи утверждение, которое не может быть правильным. Каждого ребенка, говорящего на нашем языке, учили, что похороны сэра Джона Мура состоялись

"При туманном свете борющихся лунных лучей".

В этом утверждении есть видимость детали, которая носит видимость истины. Мы не склонны сомневаться ни в том, что ночь была туманной, ни в том, должны ли были лунные лучи пробиваться сквозь видимость; рассматриваемый вопрос гораздо более фундаментален. Мы не знаем, кто первым поднял вопрос о том, светила ли вообще луна во время этого памятного события или нет; но после того, как этот вопрос был поднят, "Морской альманах" немедленно дает ответ. Из него мы узнаем на языке, правдивость которого составляет его единственное притязание на звание поэзии, что луна была новой в час ночи в день битвы при Корунье (16 января 1809 года). Баллада, очевидно, подразумевает, что похороны состоялись в ночь после битвы. Таким образом, мы уверены, что луне едва ли исполнился один день от роду, когда герой был отправлен в могилу. Но луна в таком случае практически невидима и вообще не дает заметных лунных лучей, туманных или каких-либо других. Действительно, если похороны состоялись "глубокой ночью", как утверждает поэт, то луна в то время, должно быть, была далеко за горизонтом. [6]

Ссылаясь на этот и подобные примеры, мистер Нэсмит дает небольшой совет авторам или художникам, которые хотят изобразить Луну, не зная, на самом деле, что наш спутник действительно присутствовал. Он рекомендует им последовать примеру Боттома из *"Сна в летнюю ночь"* и обратиться к "календарю, календарю! Загляни в альманах; найди самогон, найди самогон!"

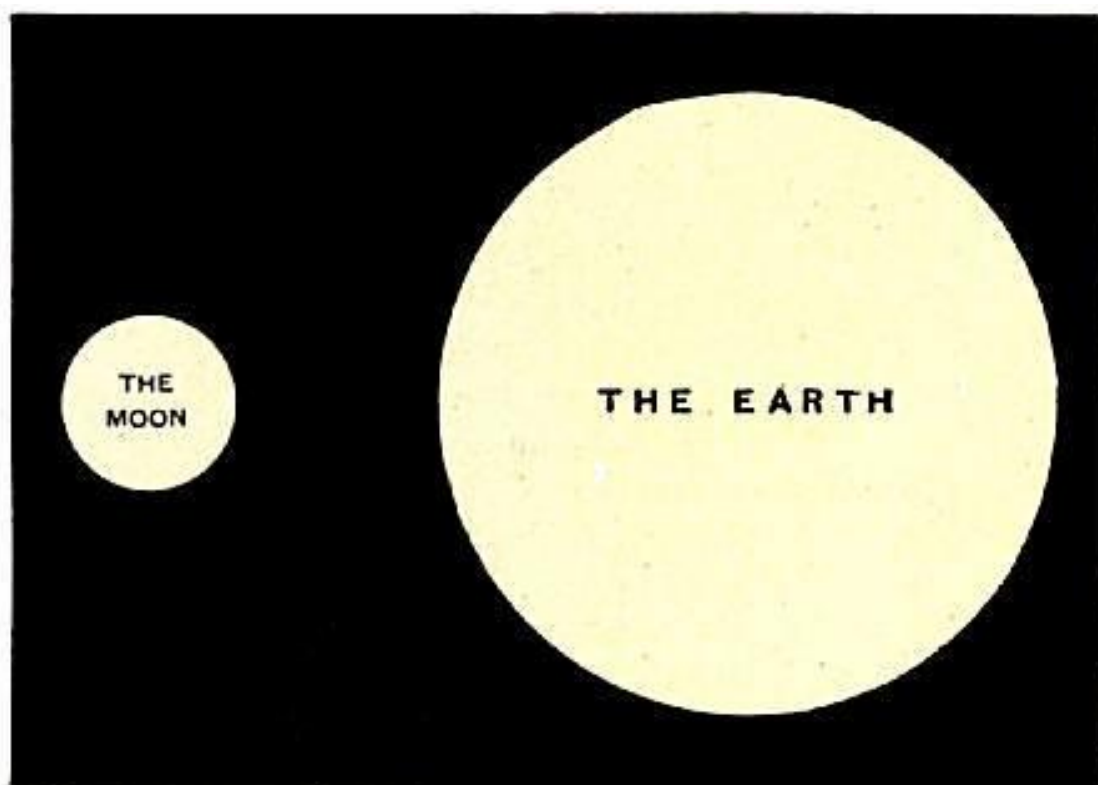


Рис.

23. Сравнительные размеры Земли и Луны.

Среди бесчисленного множества небесных тел - солнца, луны, планет и звезд - наш спутник заслуживает особого внимания. Луна - наш ближайший постоянный сосед. Вполне возможно, что комета может иногда приближаться к земле ближе, чем Луна, но за этим исключением все остальные небесные тела находятся во много сотен, тысяч или даже миллионов раз дальше от нас, чем Луна.

Следует также отметить, что Луна является одним из самых маленьких видимых объектов, которые есть на небесах. Каждая из тысяч звезд, которые можно увидеть невооруженным глазом, намного больше нашего спутника. Блеск и кажущиеся огромные размеры Луны обусловлены тем фактом, что она находится всего в 240 000 милях от нас, что почти неизмеримо мало по сравнению с расстояниями между землей и звездами.

На рис. 23 показаны относительные размеры Земли и сопутствующих ей объектов. На маленьком глобусе изображена Луна, а на глобусе большего размера - Земля. Когда мы измеряем фактические диаметры двух глобусов, мы обнаруживаем, что диаметр земли составляет 7 918 миль, а Луны - 2160 миль, так что диаметр земли почти в четыре раза больше диаметра Луны. Если бы землю разрезали на пятьдесят кусков одинакового размера, то один из этих кусков, свернутый в шар, был бы размером с Луну. Поверхностная протяженность Луны равна примерно одной тринадцатой части поверхности Земли. Полушарие, обращенное к нам нашим соседом, имеет площадь, равную примерно одной двадцать седьмой части площади Земли. Это, если говорить приблизительно, примерно вдвое превышает фактическую площадь континента Европа. Однако в среднем материалы Земли намного тяжелее, чем материалы, содержащиеся на Луне. Потребовалось бы более восьмидесяти шаров, каждый из которых был бы таким же тяжелым, как Луна, чтобы придавить землю весом.

Среди изменений, которые представляет нам Луна, бросается в глаза один очевидный факт. Независимо от того, является ли наш спутник новым или полным, в первой четверти или в

конце, находится ли он высоко в небесах или низко у горизонта, находится ли он в процессе солнечного затмения или само солнце затмевает луну, видимый размер последней почти постоянен. Мы можем выразить этот вопрос численно. Шара диаметром в один фут, расположенного на расстоянии 111 футов от наблюдателя, при обычных обстоятельствах было бы как раз достаточно, чтобы скрыть диск Луны; однако иногда глобус приходилось бы приближать всего на 103 фута, а иногда его, возможно, приходилось бы выдвигать на целых 118 футов, если бы Луна была полностью скрыта. Для Луны необычно приближаться к любому из своих крайних пределов положения, так что расстояние от глаза, на котором должен располагаться глобус, чтобы точно покрыть Луну, обычно составляет более 105 футов и менее 117 футов соответственно. Эти колебания видимых размеров нашего спутника содержатся в таких узких пределах, что при первом взгляде на объект их можно не заметить. Легко увидеть, что видимый размер Луны должен быть связан с ее реальным расстоянием от земли. Предположим, ради иллюстрации, что луна должна была удалиться в космос, ее размер, казалось бы, уменьшился, и задолго до того, как она достигла расстояния даже до самого ближайшего из других небесных тел, она превратилась бы в ничтожество. С другой стороны, если бы Луна приблизилась к земле, ее видимый размер постепенно увеличивался бы до тех пор, пока, приблизившись к нашему земному шару, она не стала бы казаться могучим континентом, простирающимся по небу. Мы находим, что видимый размер Луны почти постоянен, и, следовательно, делаем вывод, что среднее расстояние до одного и того же тела также почти постоянно. Среднее значение этого расстояния составляет 239 000 миль. В редких случаях он может приблизиться на расстояние, немногим превышающее 221 000 миль, или отступить на расстояние, едва ли меньшее 253 000 миль, но обычные колебания не превышают более 13 000 миль в обе стороны от его среднего значения.

Из непрерывных изменений Луны мы видим, что она находится в постоянном движении, и теперь мы далее видим, что какими бы ни были эти движения, земля и Луна должны в настоящее время оставаться на *почти* одинаковом расстоянии друг от друга. Если мы далее добавим, что путь, по которому движется Луна по небу, лежит почти в плоскости, то мы будем вынуждены прийти к выводу, что наш спутник, должно быть, вращается по почти круговой траектории вокруг Земли в центре. Действительно, можно показать, что постоянное расстояние между двумя телами предполагает в качестве необходимого условия обращение Луны вокруг земли. Притяжение между Луной и землей имеет тенденцию сближать два тела. Единственный способ, с помощью которого такой катастрофы можно навсегда избежать, - это заставить спутник двигаться так, как мы на самом деле считаем нужным. Притяжение между землей и Луной все еще существует, но его эффект не проявляется в приближении Луны к земле. Теперь притяжение должно приложить всю свою силу, удерживая луну на ее круговом пути; если бы притяжение прекратилось, луна начала бы движение по прямой и удалялась, чтобы никогда не вернуться.

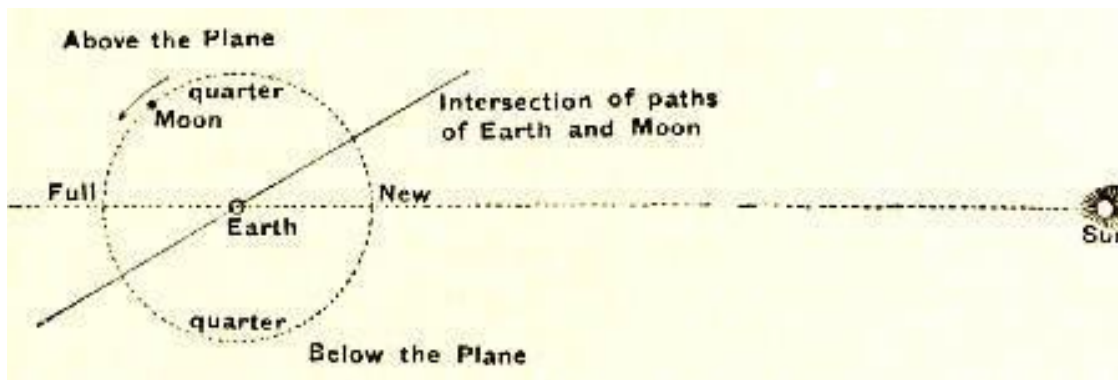


Рис. 24.Путь

Луны вокруг Солнца.

Факт обращения Луны вокруг Земли легко продемонстрировать наблюдениями за звездами. Восход и заход нашего спутника, конечно, обусловлен вращением Земли, и это кажущееся суточное движение Луны является общим для солнца и звезд. Однако следует заметить, что луна постоянно меняет свое положение среди звезд. Даже в течение одной ночи это смещение будет заметно внимательному наблюдателю без помощи телескопа. Луна совершает каждый оборот вокруг Земли за период в 27·3 дня.

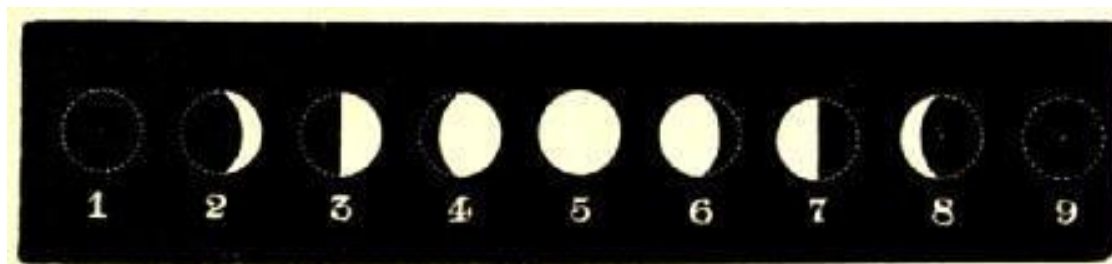


Рис. 25.Фазы

луны.

На рис. 24 мы имеем представление об относительном положении земли, солнца и луны, но следует отметить, что для удобства иллюстрации мы были вынуждены представить орбиту Луны в гораздо большем масштабе, чем это должно быть по сравнению с расстоянием до солнца. Та половина Луны, которая обращена к солнцу, ярко освещена, и, в зависимости от того, насколько мы видим большую или меньшую часть этой яркой половины, мы говорим, что луна более или менее полная, поскольку несколько "фаз" видны в последовательности, показанной цифрами на рис. 25. Новичок иногда сталкивается со значительными трудностями в понимании того, как свет полной луны ночью мог быть получен от солнца. "Разве, - скажет он, - земля не стоит на пути? и разве она не должна перехватывать солнечный свет от каждого объекта на другой стороне земли по отношению к солнцу?" Изучение рис. 24 объяснит эту трудность. Плоскость, в которой вращается Луна, не совпадает с плоскостью, в которой земля вращается вокруг Солнца. Линия, по которой плоскость движения земли пересекается плоскостью движения Луны, делит лунный путь на два полукруга. Мы должны представить, что лунная дорожка немного наклонена, так что верхний полукруг находится несколько выше плоскости листа, а другой полукруг ниже. Из этого следует, что когда луна находится в положении, обозначенном как полная, при обстоятельствах, показанных на рисунке, луна будет находиться чуть выше линии, соединяющей землю и солнце; таким образом, солнечный свет пройдет над землей к луне, и луна будет освещена. В новолуние луна будет находиться под линией, соединяющей землю и солнце.

Поскольку относительное положение земли и солнца меняется, дважды за каждый оборот солнца оказывается в положении линии пересечения двух плоскостей. Если это происходит

во время полнолуния, земля находится прямо между луной и солнцем; таким образом, луна погружается в тень земли, свет от солнца перекрывается, и мы говорим, что луна находится в состоянии затмения. Луна иногда лишь частично входит в тень земли, и в этом случае затмение является частичным. Когда, с другой стороны, солнце находится на линии пересечения во время новолуния, луна находится прямо между землей и солнцем, и тогда темное тело Луны перекрывает солнечный свет от земли, вызывая солнечное затмение. Обычно таким образом заслоняется только часть солнца, образуя хорошо известное частичное затмение; однако, если луна проходит над солнцем в центре, то мы должны иметь один или другой из двух очень примечательных видов затмения. Иногда луна полностью закрывает солнце, и таким образом получается величественное зрелище полного затмения, которое многое говорит нам о природе солнца и о котором мы уже упоминали в последней главе. Даже когда луна расположена в центре над Солнцем, вокруг края Луны иногда виден тонкий солнечный ободок. Тогда мы имеем то, что известно как кольцевое затмение.

Примечательно, что иногда луне удастся полностью скрыть солнце, в то время как в других случаях ей это не удастся. Случается, что средний видимый размер Луны почти равен среднему видимому размеру солнца, но из-за колебаний расстояний между ними фактические видимые размеры обоих тел претерпевают определенные изменения. В некоторых случаях видимый размер луны больше, чем у солнца. В этом случае центральный проход вызывает полное затмение; но может также случиться, что видимый размер солнца превышает размер Луны, и в этом случае центральный проход может вызвать только кольцевое затмение.

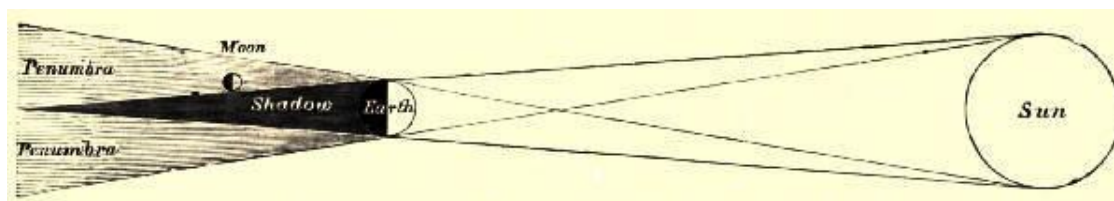


Рис. 26. Форма

тени Земли, показывающая полутень или частично затененную область. В полутени видна Луна; в Тени она почти невидима.

Вряд ли есть более интересные небесные явления, чем различные описания затмений. Альманах всегда своевременно сообщит о происшествии, а наиболее яркие особенности можно будет наблюдать без телескопа. При лунном затмении (рис. 26) интересно отметить момент, когда черная тень впервые обнаруживается, понаблюдать за ее постепенным наступлением на яркую поверхность Луны, проследить за ней, в случае полного затмения, до тех пор, пока не останется только тонкий полумесяц лунного света, и понаблюдать за окончательным исчезновением этого полумесяца, когда вся луна погрузится в тень. Но теперь часто можно наблюдать зрелище, представляющее большой интерес и красоту; ибо, хотя луна настолько скрыта за землей, что ни один прямой луч солнечного света не может достичь ее поверхности, все же мы часто обнаруживаем, что луна остается видимой и, действительно, светится медным оттенком достаточно ярко, чтобы можно было различить несколько отметин на поверхности.

Такое освещение Луны даже в разгар полного затмения происходит из-за солнечных лучей, которые только что коснулись края земли. При этом они изогнулись из-за преломления атмосферы и, таким образом, были обращены внутрь, в тень. Такие лучи прошли через огромную толщу земной атмосферы, и в этом долгом путешествии через сотни миль воздуха они приобрели красноватый или медный оттенок. Это свойство нашей атмосферы также не является чем-то незнакомым. Солнце как на восходе, так и на закате излучает свет, который намного краснее, чем лучи, которые оно испускает в полдень. Но на закате или восходе

солнца лучам, достигающим наших глаз, приходится проникать в гораздо большую часть нашей атмосферы, чем в полдень, и, соответственно, атмосфера придает им тот красноватый цвет, который так характерен и часто так прекрасен. Если рассмотреть спектр солнца, находящегося близко к горизонту, то можно увидеть, что он заполнен многочисленными темными линиями и полосами, расположенными в основном к синему и фиолетовому концам. Это вызвано повышенным поглощением света в атмосфере и приводит к преобладанию красного света на солнце в таких условиях. В случае затмения Луны солнечным лучам приходится совершать путешествие в атмосфере более чем в два раза дольше, чем при восходе или заходе солнца, и, следовательно, можно объяснить красноватое свечение затмеваемой луны.

В альманахах приведены полные сведения о каждом затмении, происходящем в соответствующем году. Эти предсказания надежны, потому что астрономы веками внимательно наблюдали за Луной и узнали из этих наблюдений не только о том, как луна движется в настоящее время, но и о том, как она будет двигаться в будущем. Фактические расчеты настолько сложны, что мы не можем здесь их обсуждать. Однако есть один ведущий принцип, касающийся затмений, который настолько прост, что мы должны обратиться к нему. Затмения, происходящие в этом году, не имеют очень очевидного отношения к затмениям, которые произошли в прошлом году, или к тем, которые произойдут в следующем году. Однако, когда мы смотрим на последовательность этих явлений более расширенно, становится очевидным вполне определенный принцип. Если мы будем наблюдать все затмения в течение восемнадцати или девятнадцати лет, то сможем предсказать, по крайней мере, с приближением к истине, все будущие затмения на многие годы. Необходимо только вспомнить, что через $6585\frac{1}{3}$ дня после одного затмения следует почти такое же затмение. Например, прекрасное лунное затмение произошло 5 декабря 1881 года. Если мы отсчитаем назад 6585 дней от этой даты, или, то есть, восемнадцать лет и одиннадцать дней, мы придем к 24 ноября 1863 года, и тогда произошло аналогичное лунное затмение. Опять же, в 1881 году было четыре затмения. Если мы добавим $6585\frac{1}{3}$ дня к дате каждого затмения, это даст даты всех четырех затмений в 1899 году. Именно это правило позволило древним астрономам предсказывать повторение затмений в то время, когда движение Луны было изучено далеко не так хорошо, как сейчас.

Во время длительного плавания и, возможно, в критических обстоятельствах луна часто дает моряку бесценную информацию. Чтобы провести судно, предположим, из Ливерпуля в Китай, капитану часто приходится определять точное положение, которое затем занимает его судно. Если он не сможет этого сделать, то никогда не найдет свой путь через бездорожный океан. Наблюдения за солнцем дают ему его широту и сообщают местное время, но капитану также требуется знать гринвичское время, прежде чем он сможет ткнуть пальцем в точку на карте и сказать: "Мой корабль здесь". Для определения гринвичского времени на судне имеется хронометр, который был тщательно рассчитан перед стартом, и, в качестве меры предосторожности, обычно предоставляются два или три хронометра для предотвращения риска ошибки. Незвестная минутная погрешность хронометра, возможно, уведет судно на пятнадцать миль от его правильного курса.



КАРТА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ.

РИСУНОК VI.

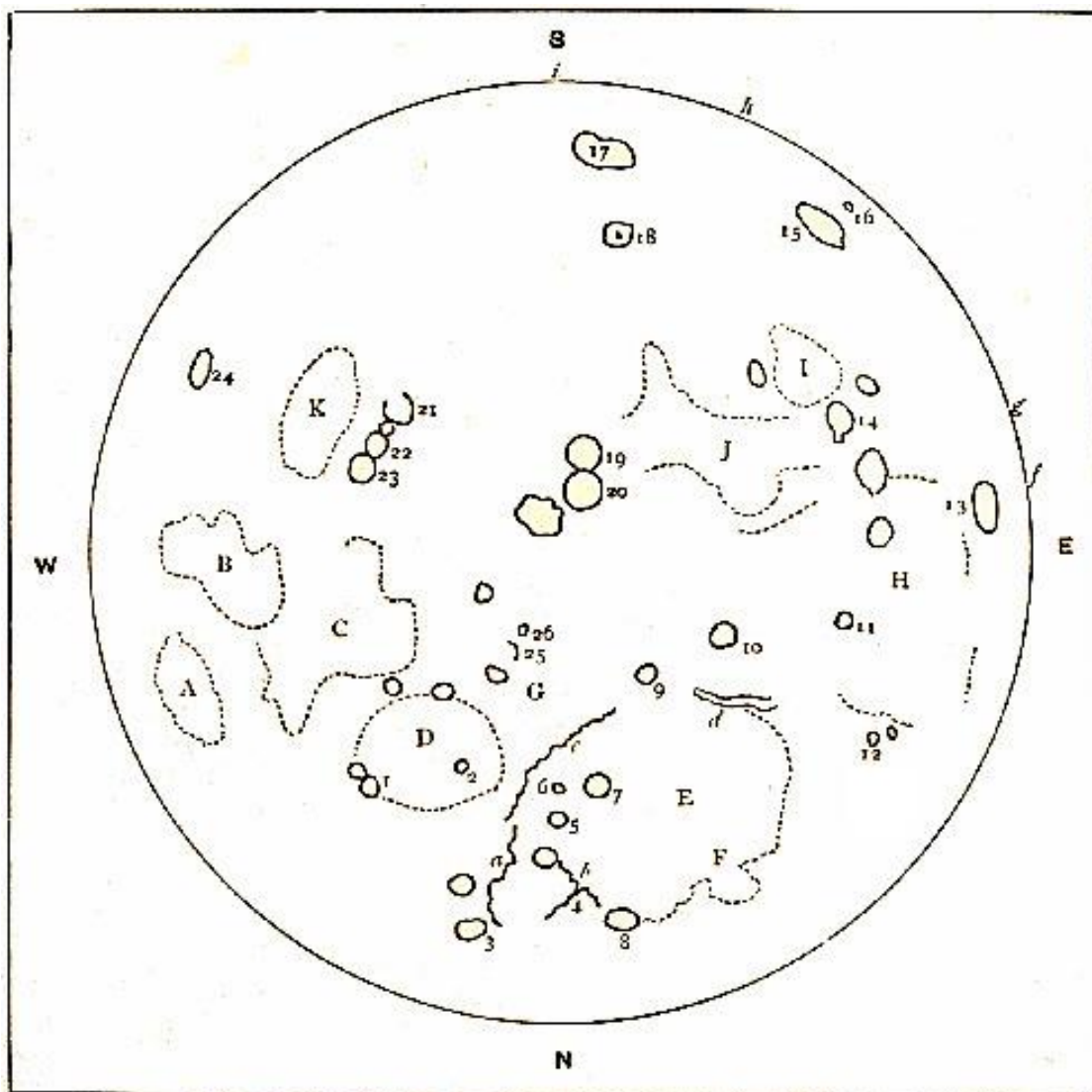


Рис. 27 —Ключ

к карте Луны (таблица VI).

Важно иметь средства проверки хронометров во время плавания; и было бы большим удобством, если бы каждый капитан, когда он пожелает, мог действительно сверяться с каким-нибудь безошибочным эталоном гринвичского времени. На самом деле нам нужны часы по Гринвичу, которые были бы видны по всему земному шару. Такие часы есть; и, как у любых других часов, у них есть циферблат, на котором нанесены определенные отметки, и стрелка, которая перемещается по этому циферблату. Огромные часы в Вестминстере кажутся незначительными по сравнению с мощными часами, которые капитан использует для настройки своего хронометра. Циферблат этого огромного циферблата - это лик небес. Цифры, выгравированные на циферблате часов, заменены мерцающими звездами, а стрелка, движущаяся по циферблату, - это сама прекрасная луна. Когда капитан желает проверить свой хронометр, он измеряет расстояние Луны от соседней звезды. Например, он может увидеть, что луна находится в трех градусах от звезды Регул. В Морском альманхе он находит время по Гринвичу, когда луна находилась в трех градусах от Регула. Сравнивая это с показаниями хронометра, он находит требуемую поправку.

Существует один широко распространенный миф о Луне, который следует рассматривать как лишенный основания. Идея о том, что наш спутник и погода имеют какое-то отношение, несомненно, поддерживалась высшими авторитетами и, по-видимому, является основой веры многих выдающихся моряков. Тщательное сравнение состояния погоды и фаз Луны,

однако, полностью опровергло представление о том, что какая-либо связь такого рода действительно существует.

Мы часто замечаем большие пробелы на картах Африки и Австралии, которые указывают на наше незнание внутренних частей этих огромных континентов. Мы не можем найти таких пробелов на карте Луны. Астрономы знают поверхность Луны лучше, чем географы внутреннюю часть Африки. Каждое пятно на поверхности Луны размером с английский приход было нанесено на карту, и все наиболее важные объекты получили названия.

Общая карта Луны приведена на рисунке VI. Он был основан на рисунках, сделанных с помощью небольших телескопов, и дает полный обзор той стороны нашего спутника, которая обращена к нам. Луна показана такой, какой она выглядит в астрономический телескоп, который все переворачивает, так что юг находится вверху, а север внизу (для отображения объектов в вертикальном положении телескопу требуется дополнительная пара линз в окуляре, и поскольку это уменьшает количество света, достигающего глаза, в астрономических телескопах без них не обходятся). Мы можем видеть на карте некоторые характерные черты лунного пейзажа. Эти темные области, столь заметные в обычное полнолуние, легко распознать на карте. Астрономы считали их морями до появления телескопов, и действительно, название "Море" сохранилось до сих пор, хотя очевидно, что в настоящее время в них нет воды. На карте также показаны определенные хребты или возвышенные участки, и когда мы применяем измерения к этим объектам, мы узнаем, что это, должно быть, могучие горные хребты. Но наиболее поразительными особенностями Луны являются кольцообразные объекты, которые в изобилии разбросаны по поверхности. Они известны как лунные кратеры.

Чтобы облегчить поиск основных достопримечательностей, мы составили карту-указатель (рис. 27), которая даст ключ к названиям нескольких объектов, изображенных на табличке. Так называемые моря обозначаются заглавными буквами, так что А - это Mare Crisium, а Н - Oceanus Procellarum. Горные хребты обозначены маленькими буквами; таким образом, а в указателе означает расположение так называемых Кавказских гор, и аналогично Апеннины обозначаются с. Многочисленные кратеры обозначены номерами; например, объект на карте, соответствующий 20 в индексе, является кратером, обозначенным как Птолемей.

- A. Mare Crisium.
- B. Mare Fœcunditatis.
- C. Mare Tranquillitatis.
- D. Mare Serenitatis.
- E. Mare Imbrium.
- F. Sinus Iridum.
- G. Mare Vaporum.
- H. Oceanus Procellarum.
- I. Mare Humorum.
- J. Mare Nubium.
- K. Mare Nectaris.

- a. Кавказ.
- б. Альпы.
- с. Апеннины.
- г. Карпаты.
- f. Кордильеры и горы Д'Аламбер.
- г. Горы Рук.

г. Горы Дерфель.
i. Горы Лейбница.

1. Посидоний.
2. Линней.
3. Аристотель.
4. Великая долина Альп.
5. Аристилл.
6. Автолик.
7. Архимед.
8. Платон.
9. Эратосфен.
10. Коперник.
11. Кеплер.
12. Аристарх.
13. Grimaldi.
14. Gassendi.
15. Schickard.
16. Варгентин.
17. Клавиус.
18. Тихо.
19. Альфонс.
20. Птолемей.
21. Катарина.
22. Кирилл.
23. Феофил.
24. Petavius.
25. Гигинус.
26. Тризнекер.

В каждом географическом атласе есть карта, показывающая два полушария земли, восточное и западное. В случае с Луной мы можем дать карту только одного полушария по той простой причине, что луна всегда повернута к нам одной и той же стороной, и, соответственно, мы никогда не видим другую сторону. Это вызвано тем интересным обстоятельством, что Луне требуется ровно столько же времени, чтобы один раз обернуться вокруг своей оси, сколько ей требуется, чтобы один раз облететь Землю. Вращение, однако, осуществляется с одинаковой скоростью, в то время как луна движется по своей орбите не с идеально одинаковой скоростью (см. [Главу IV.](#)). Следствием этого является то, что теперь мы видим слабый проблеск вокруг восточного отрога, а теперь такой же проблеск вокруг западного отрога, как будто луна очень мягко качает нам головой. Но эта *либрация* позволяет нам исследовать лишь незначительную часть обратной стороны Луны.

Лунные объекты хорошо подходят для наблюдения, когда солнечный свет падает на них таким образом, что они демонстрируют сильно контрастирующие свет и тени. Невозможно удовлетворительно наблюдать за луной, когда она полная, потому что тогда не отбрасываются заметные тени. Наиболее подходящий момент для наблюдения за каким-либо конкретным лунным объектом - это когда он находится как раз на освещенной стороне границы между светом и тенью, поскольку тогда черты проступают с исключительной отчетливостью.

Фото VII. [7] содержит иллюстрацию лунного пейзажа, изображенный объект известен астрономам под названием Тризнекер. Включенный в него район составляет лишь очень малую часть всей поверхности Луны, однако фактическая площадь очень значительна, охватывая многие сотни квадратных миль. Мы видим на нем различные хребты лунных гор, в то время как центральный объект на снимке - один из тех замечательных лунных кратеров, которые мы так часто встречаем в каждом лунном пейзаже. Этот кратер имеет около двадцати миль в диаметре, и в центре его возвышается высокая гора, вершина которой как раз освещена восходящим солнцем в той фазе нашего спутника, которая представлена на рисунке.

Типичный вид лунного кратера показан на **Фото VIII.** Это, без сомнения, несколько воображаемый набросок. Точка зрения, с которой художник, как предполагается, сделал снимок, совершенно недостижима для земных астрономов, однако не может быть никаких сомнений в том, что это точное изображение объектов на Луне. Однако нам следует помнить о масштабе, в котором он нанесен. Огромный кратер, должно быть, имеет много миль в поперечнике, а гора в его центре должна достигать тысячи футов в высоту. Телескоп, даже в лучшем виде, покажет Луну только так, как мы могли бы увидеть ее невооруженным глазом, если бы она находилась на расстоянии 250 миль вместо 240 000. Поэтому мы не должны ожидать увидеть какие-либо детали на Луне даже в самые лучшие телескопы, если только они не были достаточно грубыми, чтобы быть видимыми на расстоянии 250 миль. Англия с такой точки зрения показала бы Лондон только как цветное пятно, контрастирующее с общей поверхностью страны.

Однако мы возвращаемся от несколько причудливого наброска к более прозаичному рассмотрению того, что на самом деле показывает телескоп. **Фото IX.** изображен большой кратер Платон, так хорошо известный каждому, кто пользуется телескопом. Дно этого замечательного объекта почти плоское, а центральная гора, которую так часто можно увидеть в других кратерах, совершенно отсутствует. Более полно мы описываем его в общем списке лунных объектов.

Горные вершины на Луне отбрасывают длинные, четко очерченные тени, отличающиеся четкостью, которой мы не находим в тенях земных объектов. Разница между двумя случаями возникает из-за отсутствия воздуха на Луне. Наша атмосфера рассеивает определенное количество света, который смягчает черноту земных теней и имеет тенденцию смягчать их очертания. На Луне подобные влияния не действуют, и резкость теней используется в наших попытках измерить высоту лунных гор.

Часто легко вычислить высоту церковного шпиля, высокой трубы или любого подобного объекта по длине его тени. Самый простой и точный процесс - измерить в полдень количество футов от основания объекта до конца тени. Высоту солнца в полдень рассматриваемого дня можно получить из альманаха, а затем путем простого расчета определить высоту объекта. Действительно, если бы наблюдения можно было провести либо 6 апреля, либо 6 сентября, на широте Лондона или вблизи нее, то вычисления были бы излишни. Длина тени в полдень в любую из указанных дат равна высоте объекта. Летом длина полуденной тени меньше высоты; зимой длина тени превышает высоту. На восходе или закате солнца тени, конечно, намного длиннее, чем в полдень, и именно такие тени мы наблюдаем на Луне. Необходимые измерения производятся с помощью незаменимого дополнения к экваториальному телескопу, известного как *микрометр*.

Это слово обозначает инструмент для измерения *малых* расстояний. В каком-то смысле термин не самый удачный. Объекты, к которым астроном применяет микрометр, обычно совсем не маленькие. Как правило, они имеют самые невероятные размеры, намного превосходящие Луну или солнце, или даже всю нашу систему. Тем не менее, это название не совсем неуместно, поскольку, какими бы огромными ни были объекты, они обычно кажутся крошечными даже в телескоп из-за большого расстояния.

Для таких измерений нам требуется инструмент, обладающий высочайшей точностью. Здесь мы снова призываем на помощь паука, о помощи которого в другом отделе мы уже упоминали. В филиарном микрометре две паутинные линии параллельны, а одна пересекает их под прямым углом. Одна или обе параллельные линии могут быть перемещены с помощью винтов, резьба которых была сформирована с помощью непревзойденного мастерства. Расстояние, на которое была перемещена леска, точно указывается путем указания количества оборотов и частей оборота винта. Предположим, что две линии сначала совпадают, а затем разделяются до тех пор, пока видимая длина тени горы на Луне не станет равной расстоянию между линиями: тогда мы знаем число оборотов микрометрического винта, которое эквивалентно длине тени. Количество миль на Луне, которые соответствуют одному обороту винта, было ранее установлено другими наблюдениями, и, следовательно, можно определить длину тени. Высота солнца, какой она показалась бы наблюдателю в этой точке Луны, в момент, когда производились измерения, также доступна, и, следовательно, можно рассчитать фактическую высоту горы. С помощью измерений такого рода могут быть определены высоты других лунных объектов, такие, например, как высота вала, окружающего плоскость с круглыми стенами.

Красота и интерес Луны как объекта, наблюдаемого в телескоп, побуждают нас дать изучающему несколько подробный отчет о наиболее замечательных чертах, которые она представляет. Большинство объектов, которые нам предстоит описать, могут быть эффективно показаны с помощью очень умеренной телескопической мощности. Однако следует помнить, что все они не могут быть хорошо видны одновременно. Наиболее отчетливо видна область, на которой проходит граница между светом и тьмой. Следовательно, ученик будет выбирать для наблюдения такие объекты, которые могут оказаться вблизи этой границы в то время, когда он ведет наблюдение.

1. *Посидоний*.—Диаметр этого большого кратера составляет почти 60 миль. Хотя окружающая его стена сравнительно тонкая, она настолько отчетливо обозначена, что делает объект очень заметным. Как это часто бывает с лунными вулканами, дно кратера находится ниже уровня окружающей равнины, в данном случае почти на 2500 футов.

2. *Linné*.—Этот небольшой кратер находится в Безмятежном море. Около шестидесяти лет назад он был описан как имеющий диаметр $6\frac{1}{2}$ мили и, по-видимому, был достаточно замечен. В 1866 году Шмидт из Афин объявил, что кратер исчез. С тех пор была видна чрезвычайно маленькая неглубокая впадина, но весь объект в целом сейчас очень незначителен. По-видимому, это наиболее четко засвидетельствованный случай изменения лунного объекта. По-видимому, стенки кратера обрушились внутрь и частично заполнили его, но многие астрономы сомневаются, что изменения действительно произошли, поскольку Шретер, ганноверский наблюдатель конца восемнадцатого века, похоже, не видел в этом месте никакого заметного кратера, хотя следует признать, что его наблюдения довольно неполны. Чтобы дать некоторое представление об удивительном трудолюбии Шмидта в лунных исследованиях, можно упомянуть, что за шесть лет он произвел почти 57 000 индивидуальных настроек своего микрометра для измерения высот Луны. Его большая

карта гор на луне основана не менее чем на 2731 рисунке и зарисовках, если считать их дважды, которые могли быть использованы для двух разделов карты.

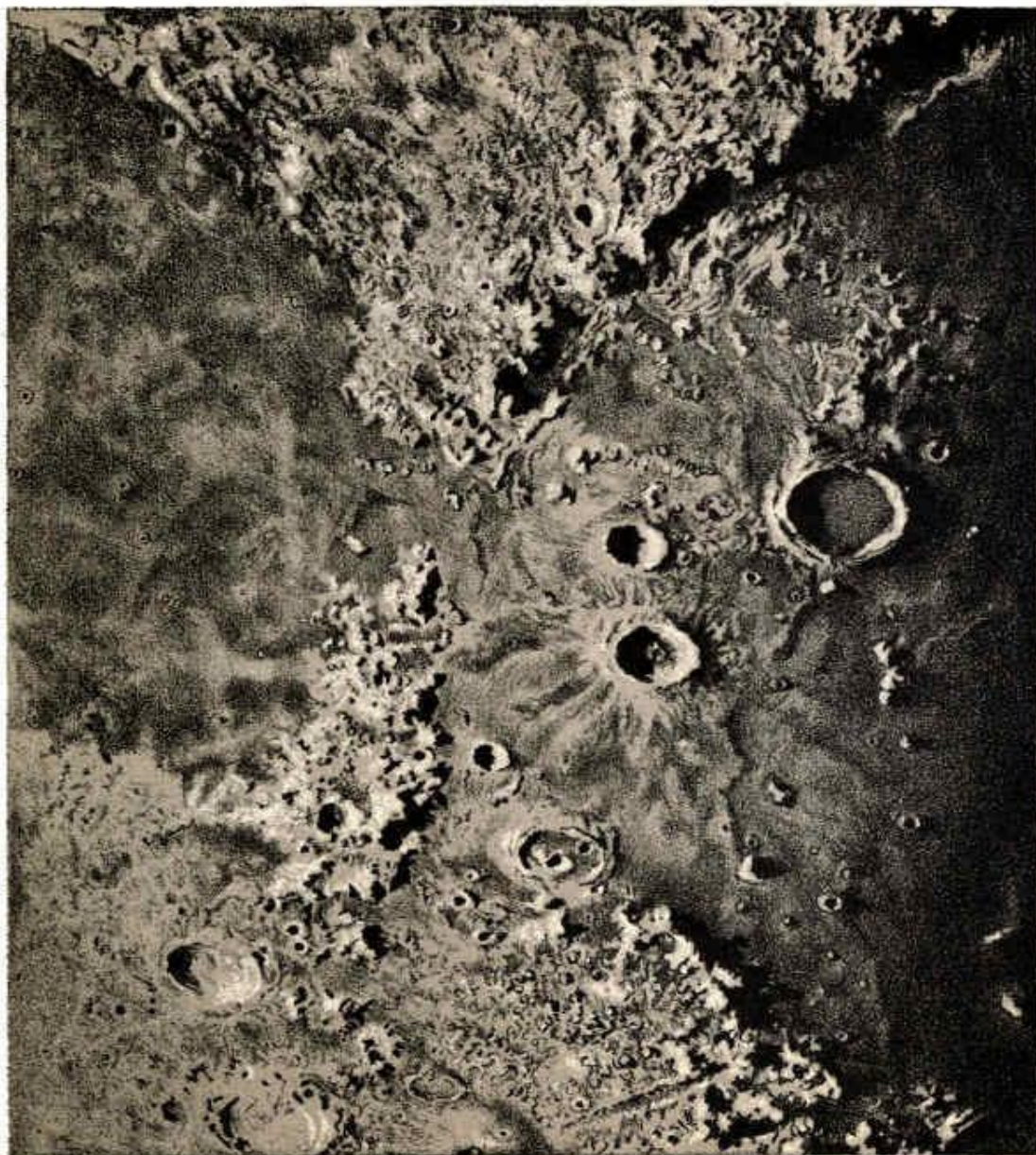
3. *Аристотель*. Имя этого великого философа было присвоено огромному кратеру диаметром 50 миль, внутренняя часть которого, хотя и очень холмистая, не имеет четко выраженного центрального конуса. Но высокая стена кратера, превышающая 10 500 футов в высоту, настолько постоянно затеняет дно, что его особенности никогда не видны с выгодой.

4. *Великая долина Альп*. — Удивительно прямая долина шириной от 3-1 / 2 до 6 миль проходит прямо через лунные Альпы. По словам Медлера, его глубина составляет не менее 11 500 футов, а длина - более 80 миль. Несколько невысоких хребтов, параллельных склонам долины, возможно, возникли в результате оползней.

5. *Аристилл*. — При благоприятных условиях большой телескоп лорда Росса показал, что внешняя поверхность этого великолепного кратера изрезана глубокими оврагами, расходящимися от его центра. Аристиллус имеет около 34 миль в ширину и 10 000 футов в глубину.

6. *Автолик* несколько меньше предыдущего, которому он является компаньоном в соответствии с тем, что Мэдлер считал четко определенной связью между лунными кратерами, из-за чего они часто встречались парами, причем меньший кратер обычно располагался южнее. Ближе к краю это расположение, как правило, скорее кажущееся, чем реальное, и является всего лишь результатом ракурса.

7. *Архимед*. — Эта большая равнина, около 50 миль в диаметре, имеет обширную гладкую внутреннюю часть, разделенную неравномерно яркими полосами на семь отдельных зон, тянущихся на восток и запад. Здесь нет центральной горы или других очевидных внутренних признаков прежней деятельности, но его неровная стена поднимается крутыми башнями и обозначена снаружи четкими террасами.



ФОТОГРАФИЯ

В.
ЧАСТЬ ЛУНЫ.
(АЛЬПЫ, АРХИМЕД, АПЕННИНЫ.)
Господа. Лоуи и Пюизе.

8. *Платон*. — Мы уже упоминали об этой обширной круглой равнине, которая заметна в самый маленький телескоп. Средняя высота вала составляет около 3800 футов с восточной стороны; западная сторона несколько ниже, но есть один пик, поднимающийся на высоту почти 7300 футов. Равнина, опоясанная этим обширным валом, имеет широкие пропорции. Это несколько неправильной формы круг, около 60 миль в диаметре, площадью 2700 квадратных миль. На его полу тени западной стены показаны на [Фото IX.](#), как и три небольших кратера, большое количество которых было обнаружено настойчивыми наблюдателями. Узкая резкая линия, ведущая от кратера влево, является одной из тех замечательных "расщелин", которые пересекают Луну во многих направлениях. Еще одну можно увидеть левее. Над Платоном возвышается несколько отдельно стоящих гор, самая высокая из которых - Пико, высотой около 8000 футов. Его длинная и заостренная тень на

первый взгляд заставляет предположить, что он должен быть очень крутым; но Шмидт, специально изучавший наклоны лунных склонов, придерживается мнения, что он и близко не может быть таким крутым, как многие швейцарские горы, на которые часто совершаются восхождения. На дне Плато было тщательно обследовано не менее тридцати кратеров, и мистер У.Х. Пикеринг счел их заметными.

9. *Эратосфен*.—Этот глубокий кратер, более 37 миль в диаметре, находится в конце гигантского хребта Апеннин. Не исключено, что Эратосфен когда-то сформировал вулканическое жерло для колоссальных сил, которые воздвигли сравнительно лишенные кратеров вершины этих великих гор.

10. *Коперник*.—Из всех лунных кратеров этот - один из самых грандиозных и известных. Регион к западу усеян бесчисленными крошечными кратерами. В центре его находится гора с множеством вершин высотой около 2400 футов. Есть веские основания полагать, что террасирование, показанное в его интерьере, в основном связано с повторяющимся попеременным подъемом, частичным застыванием и последующим отступлением огромного моря лавы. В полнолуние видно, что кратер Коперника окружен расходящимися полосами.

11. *Кеплер*.—Хотя внутренняя глубина этого кратера едва ли меньше 10 000 футов, у него очень низкая окружающая стена, которая примечательна тем, что покрыта тем же блестящим веществом, которое также образует систему ярких лучей, мало чем отличающихся от тех, что окружали последний объект.

12. *Аристарх* - самый яркий из лунных кратеров, особенно яркий при низкой мощности в большой телескоп. Он действительно настолько ярок, что его часто видели на темной стороне сразу после новолуния, и таким образом появились удивительные истории об активных лунных вулканах. К юго-востоку находится еще один кратер поменьше, Геродот, к северу от которого находится узкая, глубокая долина шириной не более 2-1 / 2 миль, образующая примечательный зигзаг. Это одна из крупнейших лунных "расщелин".

13. *Гримальди* привлекает внимание как самый темный объект такого размера на Луне. При очень исключительных обстоятельствах его можно было увидеть невооруженным глазом, и поскольку его площадь была оценена почти в 14 000 квадратных миль, это дает представление о том, как мало невооруженным зрением можно различить на Луне; следует, однако, добавить, что мы всегда видим Гримальди значительно укороченным.

14. Большой кратер *Гассенди* очень часто наносился на карты из-за его сложной системы "расщелин". На своем северном конце он соединяется с меньшим, но гораздо более глубоким кратером, который часто заполняется черной тенью после того, как весь этаж Гассенди был освещен.

15. *Шикард* - одна из крупнейших обнесенных стенами равнин на Луне, шириной около 134 миль. На его обширных просторах Медлер обнаружил 23 небольших кратера. По поводу этого объекта Чакорнак отметил, что из-за кривизны поверхности Луны зрителю, находящемуся в центре площадки, "показалось бы, что он находится в бескрайней пустыне", потому что окружающая стена, хотя в одном месте она достигает почти 10 000 футов в высоту, полностью скрывается за горизонтом.

16. Близок к вышесказанному *Варгентин*. Не может быть никаких сомнений в том, что это действительно огромный кратер, почти заполненный застывшей лавой, поскольку внутри почти ничего не падает.

17. *Clavius*.—Около 60-й параллели южной широты Луны находится это огромное ограждение, площадь которого составляет не менее 16 500 квадратных миль. Как внутри, так и на стенах расположено множество вершин и вторичных кратеров. Вид восхода солнца на поверхность Клавияса в телескоп, по словам Мэдлера, поистине неописуемо великолепен. Один из пиков возвышается на высоту 24 000 футов над дном одного из включенных в него кратеров. Мэдлер даже высказал мнение, что в этом диком районе есть кратеры такой глубины, что ни один солнечный луч никогда не проникал в их нижние глубины, в то время как, словно в качестве компенсации, есть вершины, на вершинах которых средний день почти вдвое длиннее ночи.

18. Если смотреть на полную луну в театральный бинокль или любой небольшой ручной телескоп, сразу видно, что один кратер выделяется среди всех остальных благодаря ярким лучам или полосам, исходящим от него. Это величественный *Тихо*, глубиной 17 000 футов и диаметром 50 миль (*плита X.*). Пик высотой 6000 футов возвышается в центре его дна, в то время как серия террас разнообразит его внутренние склоны; но больше всего нас удивляют таинственные яркие лучи. Когда над Тихо встает солнце, эти полосы совершенно невидимы; более того, весь объект в это время настолько затемнен, что требуется опытный глаз, чтобы распознать Тихо среди его горных окрестностей. Но как только солнце достигает высоты около 30° над своим горизонтом, лучи выходят из своей темноты и постепенно увеличивают свою яркость до тех пор, пока луна не станет полной, когда они станут наиболее заметными объектами на ее поверхности. Они различаются по длине - от нескольких сотен миль до двух или, в одном случае, почти трех тысяч миль. Они безразлично простираются по обширным равнинам, в глубочайшие кратеры или на самые высокие возвышенности. Мы не знаем ничего на нашей земле, с чем их можно было бы сравнить. Поскольку эти лучи видны только во время полнолуния, их видимость, очевидно, зависит от света, падающего более или менее близко к линии видимости, совершенно независимо от наклона поверхностей, гор или долин, на которых они появляются. Следовательно, каждый небольшой участок поверхности полосы должен иметь форму, симметричную для зрителя, с какой бы точки он ни был виден. По-видимому, только сфера удовлетворяет этому условию, и профессор Коупленд поэтому предполагает, что материал, составляющий поверхность полосы, должен состоять из большого количества более или менее полностью сферических шариков. Полосы должны представлять части лунной поверхности, либо изрытые мелкими впадинами сферической формы, либо усыпанные мелкими прозрачными сферами. [8]

Недалеко от центра лунного диска находится прекрасная гряда кольцевых равнин, полностью открытых нашему взору при любом освещении. Из них можно упомянуть два — *Альфонс* (19), пол которого странным образом характеризуется двумя светлыми и несколькими темными отметинами, которые нельзя объяснить неровностями поверхности.— *Птолемей* (20). Помимо нескольких небольших замкнутых кратеров, его дно пересечено многочисленными низкими хребтами, видимыми при восходе или заходе солнца.

21, 22, 23.—Когда луне исполнится пять или шесть дней от роду, эта красивая группа из трех кратеров будет удобно расположена для наблюдения. Их зовут *Катарина*, *Кирилл* и *Феофил*. Катарина, самая южная из группы, имеет глубину более 16 000 футов и соединена с Кириллом широкой долиной; но между Кириллом и Феофилом такой связи нет. Действительно, Кирилл выглядит так, как будто его огромные окружающие валы, высотой с Монблан, были полностью достроены до того, как вулканические силы приступили к формированию Теофила, вал которого значительно уступает своему более древнему соседу. Теофилус представляет собой четко очерченный круглый кратер диаметром около 64 миль с

внутренней глубиной от 14 000 до 18 000 футов и красивой центральной группой гор, занимающей одну треть этой высоты, на его дне. Хотя Теофилус - самый глубокий кратер, который мы можем видеть на Луне, он практически не пострадал от вторичных извержений, в то время как дно и стена Катарини демонстрируют полную последовательность меньших кратеров различного размера, которые врезались друг в друга и частично разрушили друг друга. Весной, когда луна находится чуть раньше первой четверти, эту поучительную группу потухших вулканов можно с большим преимуществом увидеть в удобное вечернее время.

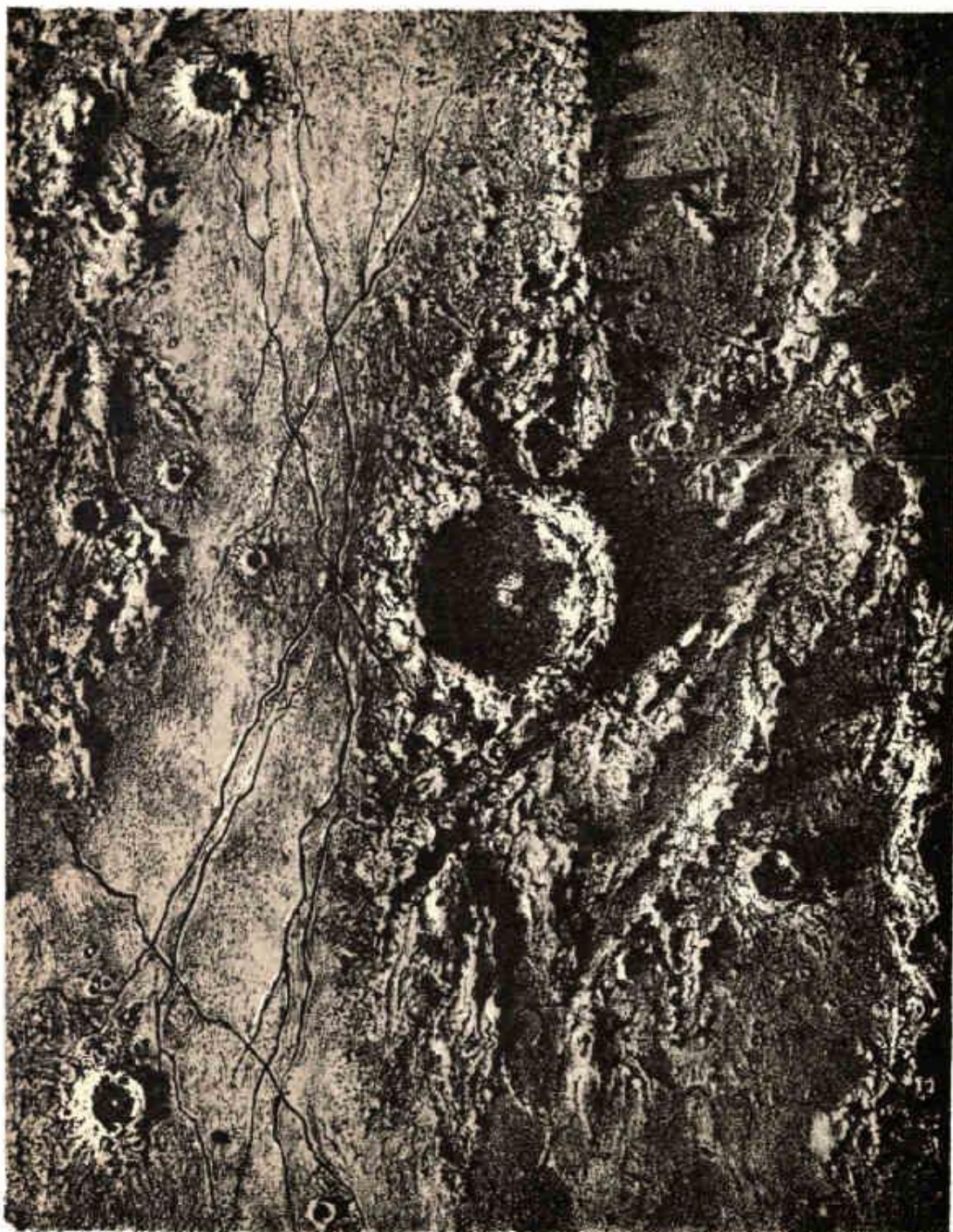


ФОТО VII.

ТРИЗНЕКЕР.
(ПОСЛЕ НЭСМИТА.)

24. *Петавиус* примечателен не только своими огромными размерами, но и редкой особенностью - наличием двойного вала. Это красивый объект вскоре после новолуния или сразу после полнолуния, но полностью исчезает, когда солнце находится более чем на 45° над горизонтом. Дно кратера удивительно выпуклое, кульминацией которого является центральная группа холмов, пересеченных глубокой расщелиной.

25. *Гигинус* - небольшой кратер недалеко от центра лунного диска. Одна из самых больших лунных пропастей проходит прямо через него, делая при этом резкий поворот.

26. *Тризнекер*.—Этот прекрасный кратер уже был описан, но мы снова упоминаем о нем, чтобы привлечь внимание к сложной системе расселин, столь наглядно показанных на рисунке VII. То, что эти пропасти являются впадинами, совершенно очевидно по теням внутри. Очень часто их края заметно приподняты. Они кажутся трещинами на поверхности Луны.

Из различных гор, которые иногда можно увидеть как выступы на самом краю Луны, те, что названы в честь Лейбница (*i*), кажутся самыми высокими. Шмидт обнаружил, что самая высокая вершина находится на высоте 41 900 футов над соседней долиной. Сравнивая эти высоты с высотами гор на нашей земле, мы должны для последних прибавить глубину моря к высоте суши. Исходя из этого, наши самые высокие горы по-прежнему выше всех известных нам гор на Луне.

Теперь мы должны обсудить важный вопрос о происхождении этих замечательных особенностей на поверхности Луны. Вначале мы признаем, что наши свидетельства по этому вопросу являются лишь косвенными. Чтобы установить с помощью неопровержимых доказательств вулканическое происхождение замечательных лунных кратеров, казалось бы, почти необходимым, чтобы на Луне были засвидетельствованы вулканические извержения и чтобы было видно, как такие извержения приводят к образованию хорошо известного кольца, с горой, поднимающейся из центра, или без нее. Сказать, что ничего подобного никогда не наблюдалось, было бы слишком категоричным заявлением. В некоторых случаях внимательные наблюдатели сообщали о возникновении незначительных локальных изменений на Луне. Как мы уже отмечали, считалось, что кратер под названием Линней, размеры которого, без сомнения, представительны для обитателя Луны, но который образует очень незначительный объект для телескопа, претерпел некоторые изменения. В другой раз считалось, что крошечный кратер возник рядом с хорошо известным объектом под названием Гигинус. Простое перечисление таких примеров придает реальный смысл утверждению о том, что в настоящее время не существует заметного источника возмущения поверхности Луны. Даже если бы эти незначительные случаи предполагаемых изменений действительно были установлены — а это, возможно, гораздо дальше, чем многие астрономы были бы готовы зайти, — они все равно незначительны по сравнению с мощными явлениями, породившими множество огромных кратеров, покрывающих столь большую часть поверхности Луны.

Мы неизбежно приходим к выводу, что наш спутник, должно быть, когда-то обладал гораздо большей активностью, чем сейчас. Мы также можем дать разумное или, во всяком случае, правдоподобное объяснение прекращению этой деятельности в последнее время. Давайте взглянем на два других тела нашей системы, землю и солнце, и сравним их с Луной. Из трех тел Солнце невероятно велико, в то время как луна намного меньше Земли. Мы также видели, что, хотя температура солнца должна быть очень высокой, не может быть никаких сомнений в том, что оно постепенно расстаётся со своим теплом. Поверхность земли, образованная из твердых пород и глины или покрытая большей частью обширными

океанскими просторами, несет на себе лишь несколько явных следов высокой температуры. Тем не менее, исходя из обычных вулканических явлений, весьма вероятно, что внутри земли все еще сохраняется температура раскаления.

Большому телу при нагревании требуется больше времени для охлаждения, чем маленькому телу, нагретому до той же температуры. Охлаждение большой чугунной отливки займет несколько дней; маленькая отливка остынет за несколько часов. Каким бы ни был первоначальный источник тепла в нашей системе — вопрос, который мы сейчас не обсуждаем, — кажется очевидным, что все различные тела изначально были нагреты, а теперь на протяжении веков постепенно остывали. Солнце настолько огромно, что у него еще не было времени остыть; земля средней массы остыла снаружи, все еще сохраняя огромные запасы внутреннего тепла; в то время как Луна, самое маленькое тело из всех, потеряла свое тепло до такой степени, что важные изменения на ее поверхности больше не могут быть вызваны внутренними пожарами.

Таким образом, мы приходим к выводу, что происхождение лунных кратеров относится к какой-то древней эпохе в истории Луны. У нас нет оснований сомневаться в отдаленности той эпохи, но разумно предположить, что древность лунных вулканов должна быть чрезвычайно велика. В то время, когда Луна была достаточно нагрета, чтобы вызвать эти конвульсии, остатками которых являются мощные кратеры, земля также должна была быть намного горячее, чем сейчас. Когда Луна обладала достаточным количеством тепла, чтобы ее вулканы были активны, земля, вероятно, была настолько горячей, что жизнь на ее поверхности была невозможна. Это предположение указывало бы на древность лунных кратеров, слишком большую, чтобы ее можно было оценить веками и тысячами лет, которые достаточны для таких периодов, как те, с которыми связана история человеческих событий. Представляется вполне вероятным, что с тех пор, как могучие кратеры Платона или Коперника приняли свою нынешнюю форму, могли пройти миллионы лет.

Теперь мы попытаемся объяснить образование лунных кратеров. Наиболее вероятными представлениями по этому вопросу представляются те, которые были изложены м-ром Нэсмитом, хотя следует признать, что его доктрины отнюдь не лишены трудностей. Согласно его теории, мы можем объяснить, как образовался вал вокруг лунного кратера и как возникла огромная гора, которая так часто украшает центр равнины. Вид на рис. 28 содержит воображаемый набросок вулканического жерла на Луне в те дни, когда кратеры были активны. Здесь извержение показано во всей полноте своей энергии, когда внутренние силы выбрасывают пепел или камни, которые падают на значительном расстоянии от жерла. Накопленные таким образом материалы образуют вал, окружающий кратер.

На втором снимке (рис. 29) изображен кратер на более позднем этапе его истории. Чудовищная взрывная мощность к настоящему времени исчерпана и, возможно, на некоторое время приостановлена. Вулкан снова начинает действовать, но на этот раз с использованием лишь небольшой части своей первоначальной энергии. Сравнительно слабое извержение в настоящее время происходит из того же жерла, осаждает материалы вблизи отверстия и поднимает гору в центре. Наконец, когда активность утихла, и вулкан затих, мы находим свидетельства ранней энергии, о чем свидетельствует вал, окружающий древний кратер, и гора, украшающая внутреннюю часть. Плоский пол, который обнаружен в некоторых кратерах, вполне вероятно, возник в результате оттока лавы, которая впоследствии уплотнилась. Во многих случаях также происходили последующие вспышки.

Одна из основных трудностей, связанных с этим методом учета структуры кратера, возникает из-за огромных размеров, которых достигают некоторые из этих объектов. На Луне есть

древние вулканы диаметром сорок или пятьдесят миль; действительно, есть одно хорошо сформированное кольцо с возвышающейся в центре горой, диаметр которой составляет не менее семидесяти восьми миль (Петавиус). Кажется трудным представить, как выдувной конус в центре мог транспортировать материалы на такое расстояние, как тридцать девять миль между центром Петавиуса и крепостным валом. Объяснение, однако, облегчается, если принять во внимание, что сила притяжения на Луне намного меньше, чем на земле.

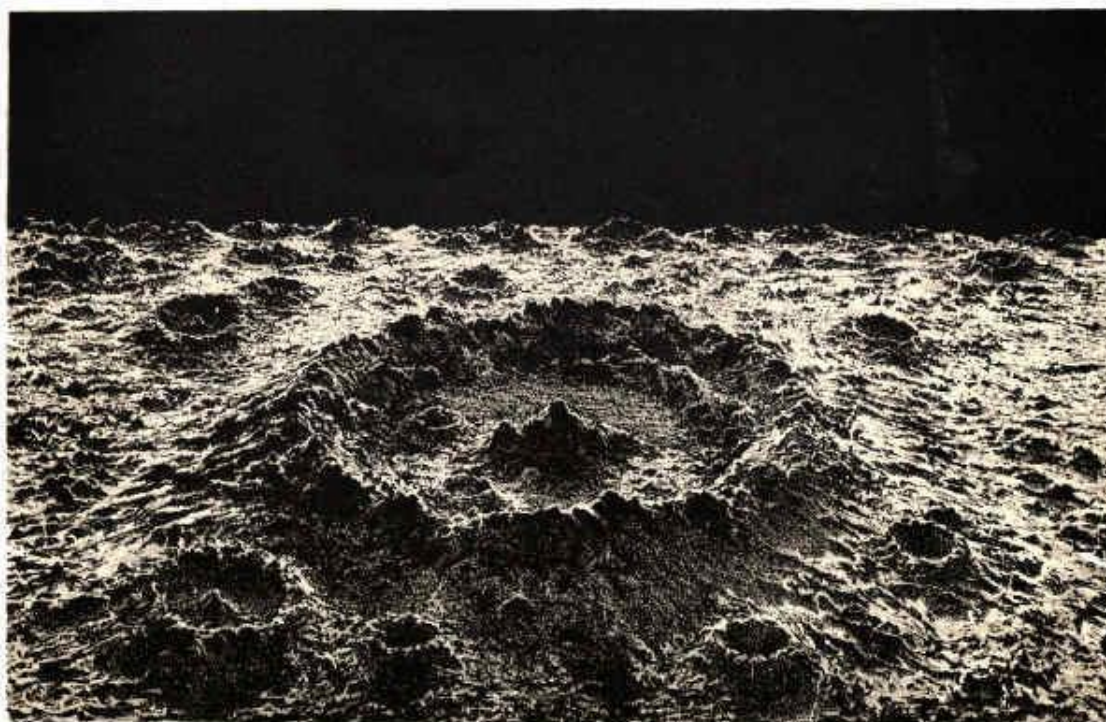


ФОТО VIII.

ОБЫЧНЫЙ ЛУННЫЙ КРАТЕР.

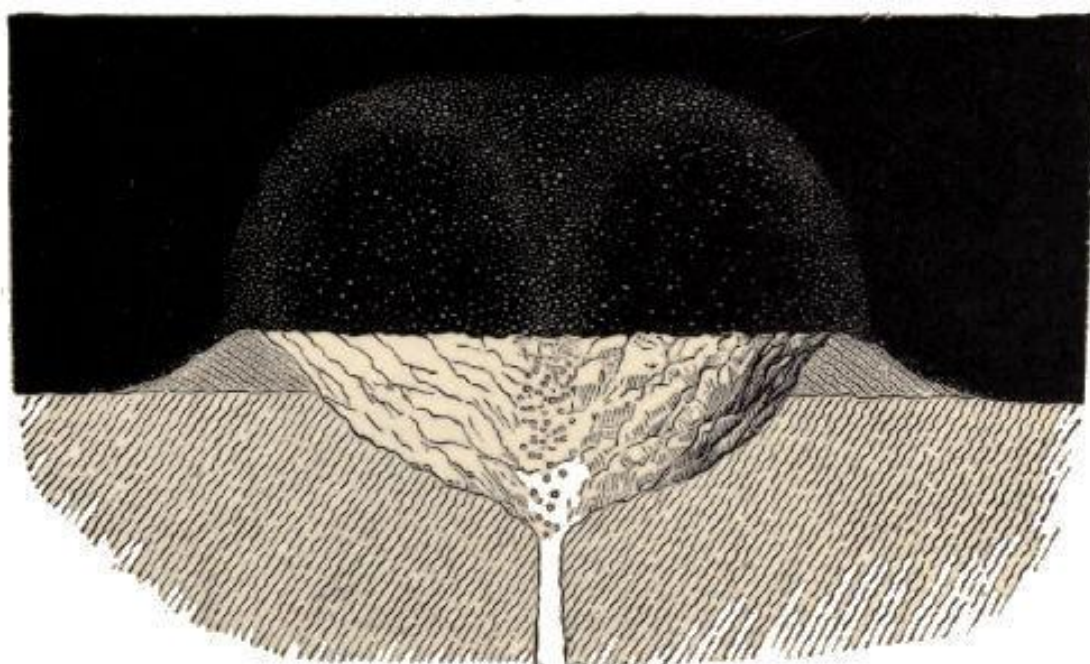


Рис.

28. Действующий вулкан.

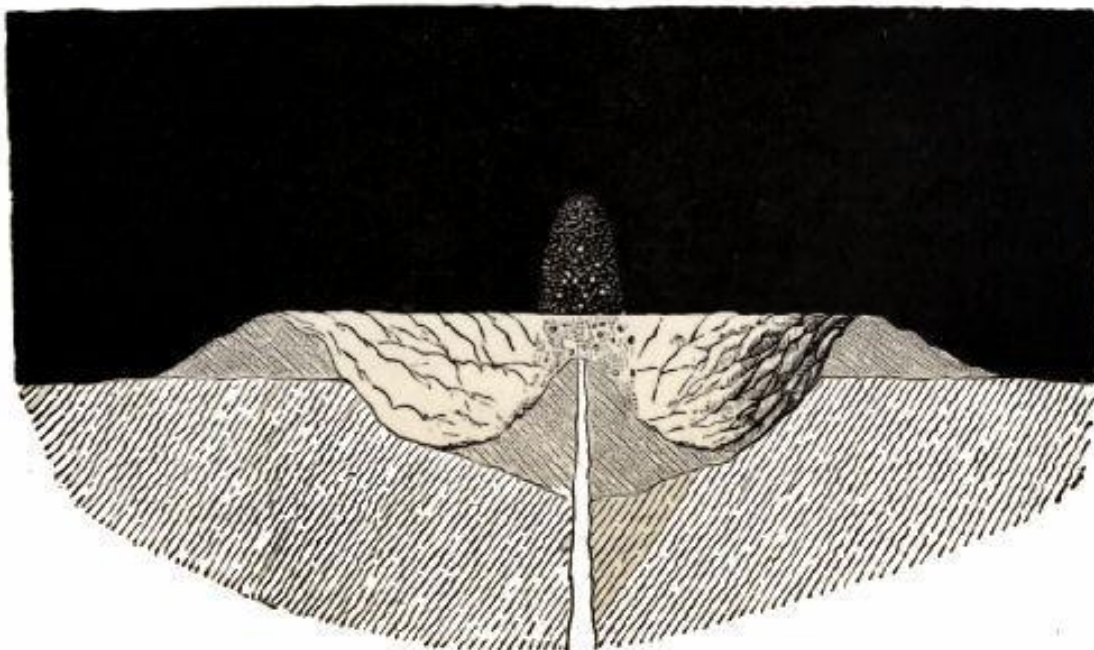


Рис.

29. Последующая слабая активность.

Разве мы уже не видели, что наш спутник настолько меньше Земли, что восемьдесят лун, соединенных в одну, не весили бы столько, сколько земля? На земле унция весит унцию, а фунт - фунт; но вес в шесть унций здесь весил бы только одну унцию на Луне, а вес в шесть фунтов здесь весил бы только один фунт на Луне. Рабочий, который может донести один мешок зерна на земле, мог бы с таким же усилием донести шесть мешков зерна на Луне. Игрок в крикет, который может забросить мяч на 100 ярдов на земле, мог бы с точно таким же усилием забросить тот же мяч на 600 ярдов на Луне. Гайавата мог выпустить в воздух десять стрел одну за другой, прежде чем первая достигла земли; на луне он, возможно, опустошил бы весь свой колчан. Вулкан, который на Луне запускал снаряды на расстояние тридцати девяти миль, должен обладать только такой же взрывной силой, которой было бы достаточно, чтобы запустить ракеты на шесть или семь миль на земле. Правильно установленная современная пушка легко достигла бы этого.

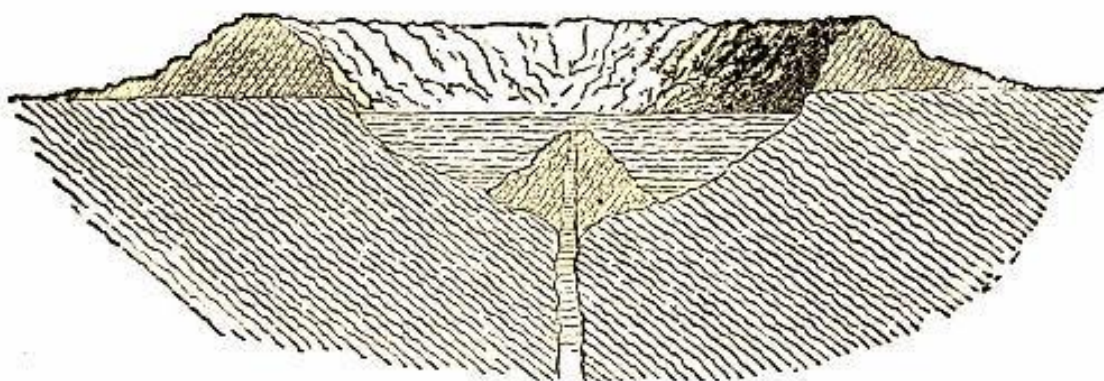


Рис. 30.

Образование лавой ровного дна.

Следует также иметь в виду, что на Луне бесчисленное множество кратеров одного и того же общего типа, но самых разнообразных размеров; от крошечного телескопического объекта диаметром в две-три мили мы можем выделить постепенно возрастающие стадии, пока не достигнем только что рассмотренного могучего Петавиуса. Что касается кратеров меньшего размера, то, очевидно, практически нет трудностей приписать им вулканическое

происхождение, и поскольку непрерывность от самых маленьких до самых больших кратеров непрерывна, представляется вполне разумным предположить, что даже самые большие возникли таким же образом.

Следует, однако, отметить, что некоторые лунные особенности могут быть объяснены действиями извне, а не изнутри. Г-н Г. К. Гилберт собрал доказательства в поддержку убеждения, что лунные скульптуры возникают в результате столкновения тел, падающих на Луну. Согласно этой точке зрения, Маре Имбриум было местом столкновения, из-за которого сложился окружающий лунный пейзаж. Мистер Гилберт объясняет борозды, прорезанные мощными снарядами, движущимися с такой скоростью, какой обладают метеоры.

Лунные ландшафты чрезмерно странные и суровые. Они всегда напоминают нам о бесплодных пустынях, и мы не можем не заметить отсутствие травянистых равнин или зеленых лесов, с которыми мы знакомы на нашем земном шаре. В некоторых отношениях расположение Луны не сильно отличается от положения Земли. Подобно этому, на Луне приятно чередуются день и ночь, хотя лунный день длится двадцать девять наших дней, а лунная ночь длится двадцать девять наших ночей. Нас согревают лучи солнца; то же самое касается и луны; но какой бы ни была температура в течение долгого лунного дня, кажется несомненным, что холод лунной ночи превзойдет тот, который известен в самых суровых регионах нашей земли. Количество тепла, излучаемого нам Луной, было исследовано лордом Россом, а совсем недавно профессором Лэнгли. Хотя каждая точка на поверхности Луны находится под воздействием солнечного света в течение двух недель без каких-либо перерывов, фактическая температура, до которой поднимается почва, не может быть высокой. Луна, в отличие от земли, не обладает теплым покровом в виде атмосферы, которая могла бы удерживать и накапливать полученное тепло.

Даже наши самые большие телескопы ничего не могут сказать напрямую о том, может ли жизнь существовать на Луне. Мамонтовые деревья Калифорнии, возможно, росли на лунных горах, а слоны разгуливали по равнинам, но наши телескопы не могли их увидеть. Самый маленький объект, который мы можем увидеть на Луне, должен быть примерно такого же размера, как кафедральный собор, так что организованные существа, напоминающие по размерам любые известные нам, если бы они существовали, не могли бы стать видимыми в телескоп.

Поэтому мы вынуждены прибегнуть к косвенным доказательствам того, возможна ли жизнь на Луне. Мы можем сразу сказать, что астрономы считают, что жизнь, какой мы ее знаем, не могла существовать. Среди необходимых условий жизни вода занимает одно из первых мест. Возьмем любую форму растительной жизни, от лишайника, растущего на скале, до гигантского лесного дерева, и мы обнаружим, что вещество каждого растения содержит воду и не могло бы существовать без нее. Вода также не менее необходима для существования животной жизни. Без этого элемента вся органическая жизнь, жизнь самого человека, была бы немыслима.

Следовательно, если на Луне не будет воды, мы будем вынуждены заключить, что жизнь в том виде, в каком мы ее знаем, невозможна. Если бы кто-нибудь, находящийся на Луне, посмотрел на землю в телескоп, смог бы он увидеть здесь воду? Несомненно, он бы это сделал. Он увидел бы облака и заметил бы их непрерывные изменения, и одни только облака были бы почти неопровержимым доказательством существования воды. Астроном на Луне также увидел бы наши океаны как цветные поверхности, удивительно контрастирующие с сушей, и, возможно, он часто видел бы изображение солнца, похожее на яркую звезду,

отражающуюся от какого-нибудь гладкого участка моря. Фактически, учитывая, что гораздо больше половины нашего земного шара покрыто океанами, а большая часть остальной части может быть скрыта облаками, лунный астроном, глядя на нашу землю, часто не увидит ничего, кроме воды в той или иной форме. Весьма вероятно, что он пришел бы к выводу, что наш земной шар приспособлен только для обитания земноводных животных.

Но когда мы смотрим на Луну в наши телескопы, мы не видим прямых признаков наличия воды. Внимательный осмотр показывает, что так называемые лунные моря представляют собой пустыни, часто отмеченные небольшими кратерами и камнями. Телескоп не обнаруживает ни морей, ни океанов, ни озер, ни рек. Величие лунного пейзажа никогда не нарушается облаками над его поверхностью. Всякий раз, когда луна находится над нашим горизонтом, а земные облака не мешают, мы можем отчетливо видеть особенности поверхности нашего спутника. На Луне нет облаков; нет даже туманов или испарений, которые неизменно возникают везде, где присутствует вода, и поэтому астрономы пришли к выводу, что поверхность земного шара, которая окружает землю, представляет собой стерильную и безводную пустыню.

Другой важный элемент органической жизни также отсутствует на Луне. Наш земной шар окружен плотной воздушной оболочкой, лежащей на поверхности и простирающейся над нашими головами на высоту около 200 или 300 миль. Вряд ли нам нужно говорить, насколько необходим воздух для жизни, и поэтому мы с интересом переходим к вопросу о том, может ли Луна быть окружена атмосферой. Давайте четко разберемся в проблеме, которую мы собираемся рассмотреть. Представьте себе, что путешественник отправился с земли в путешествие на Луну; по мере его продвижения воздух постепенно становился бы все более и более разреженным, пока, наконец, когда он был бы в нескольких сотнях миль над поверхностью земли, он не оставил бы за собой последние заметные следы земной оболочки. К тому времени, когда он полностью пройдет через атмосферу, он преодолеет лишь очень малую часть всего пути в 240 000 миль, и все еще останется огромная пустота, которую предстоит преодолеть, прежде чем он достигнет Луны. Если бы Луна была окутана так же, как земля, то, когда путешественник приблизился бы к концу своего путешествия и приблизился бы к поверхности Луны на расстояние нескольких сотен миль, он снова встретился бы со следами атмосферы, плотность которой постепенно увеличивалась бы, пока он не достиг бы поверхности Луны. Таким образом, путешественник прошел бы через один слой воздуха в начале своего путешествия и через другой в конце, в то время как основная часть путешествия проходила бы через пространство, более пустое, чем то, которое можно найти в отработанном ресивере воздушного насоса.

Так было бы, если бы Луна была покрыта атмосферой, подобной той, что окружает нашу землю. Но каковы факты? Путешественник, приближающийся к Луне, тщетно искал бы воздух для дыхания, хотя бы отдаленно напоминающий наш. Возможно, что близко к поверхности есть слабые следы какого-то газообразного материала, окружающего Луну, но это может быть лишь очень малая часть того обширного покрова, которым сейчас покрыта земля. Для всех целей дыхания, как мы понимаем этот термин, мы можем сказать, что на Луне нет воздуха, и житель нашей земли, перенесенный на нее, так же наверняка задохнулся бы, как и в открытом космосе.

Однако может возникнуть вопрос, откуда мы это узнаем. Разве воздух не прозрачен, и как, следовательно, можно ожидать, что наши телескопы покажут, действительно ли Луна обладает такой оболочкой? Именно с помощью косвенных, но вполне надежных методов наблюдения мы узнаем о плачевном состоянии нашего спутника. Можно привести различные аргументы, но наиболее убедительным является тот, который получен при

возникновении того, что называется "сокрытием". Иногда случается, что луна проходит прямо между землей и звездой, и временное исчезновение последней является "затемнением". Мы можем наблюдать момент, когда происходит это явление, и обычно отмечается внезапность исчезновения звезды. Если бы Луна была окутана плотной атмосферой, то вмешательство этой газовой массы в движение Луны привело бы к постепенному исчезновению звезды, совершенно лишенному резкости, которая характерна для затемнения. [9]

Давайте подумаем, как мы можем объяснить отсутствие атмосферы на Луне. Современные исследования показали, что то, что мы называем газом, представляет собой совокупность огромного количества молекул, каждая из которых находится в чрезвычайно быстром движении. Это движение совершается лишь на короткое расстояние в одном направлении, прежде чем молекула вступает в столкновение с какой-либо другой молекулой, в результате чего направления и скорости отдельных молекул постоянно изменяются. Для каждого газа существует определенная средняя скорость, которая свойственна молекулам этого газа при определенной температуре. Когда смешиваются несколько газов, таких как кислород и азот в нашей атмосфере, молекулы каждого газа продолжают двигаться со своими собственными характерными скоростями. Насколько мы можем оценить температуру на границе земной атмосферы, мы можем предположить, что средняя скорость обнаруженных там молекул кислорода составляет около четверти мили в секунду. Скорости для азота практически одинаковы, в то время как средняя скорость молекулы водорода составляет около одной мили в секунду, что фактически является наибольшей молекулярной скоростью, которой обладает любой газ.



ЛИСТ IX.

ПЛАТОН.
(ПОСЛЕ НЭСМИТА.)

Камень, подброшенный в воздух, вскоре возвращается на землю. Винтовочная пуля, выпущенная вертикально вверх, будет подниматься все выше и выше, пока, наконец, ее движение не прекратится, она не начнет возвращаться и не упадет на землю. Давайте на мгновение предположим, что у нас есть ружье бесконечной прочности и порох неограниченной мощности. По мере увеличения заряда мы обнаруживаем, что пуля будет подниматься все выше и выше, и с каждым разом потребуется все больше времени, прежде чем она вернется на землю. Падение пули происходит из-за притяжения земли. Гравитация обязательно должна действовать на снаряд на протяжении всего его полета, и она постепенно уменьшает скорость, преодолевает движение вверх и возвращает пулю назад. Необходимо помнить, что эффективность аттракциона снижается при увеличении высоты. Следовательно, когда тело обладает необычайно большой начальной скоростью, вследствие чего оно поднимается на огромную высоту, его возвращение замедляется по двоякой причине. Во-первых, расстояние, через которое он должен быть отозван, значительно увеличилось, а во-вторых, эффективность гравитации в осуществлении его отзыва снизилась. Чем больше скорость, тем слабее должна быть способность гравитации возвращать тело обратно. Мы можем представить себе, что скорость увеличивается до такой степени, что гравитация, постоянно уменьшающаяся по мере подъема тела, никогда полностью не способна нейтрализовать скорость, и, следовательно, мы имеем замечательный случай, когда тело отбрасывается прочь, чтобы никогда не возвращаться.

Это рассуждение можно представить в числовой форме и показать, что скорости в шесть или семь миль в секунду, направленной вверх, было бы достаточно, чтобы полностью вывести тело из-под действия земного притяжения. Эта скорость намного превосходит предельные возможности нашей артиллерии. Это, действительно, по меньшей мере в дюжину раз быстрее пушечного выстрела; и даже если бы мы могли это сделать, сопротивление воздуха представляло бы непреодолимую трудность. Такие размышления, однако, не влияют на вывод о том, что для каждой планеты существует определенная специфическая скорость, соответствующая этому телу и зависящая исключительно от его размера и массы, с которой мы должны были бы выпустить снаряд, чтобы предотвратить обратное притяжение этого тела.

Определить эту "критическую скорость" для любого небесного тела несложно с помощью расчетов. Чем больше тело, тем большей в целом должна быть начальная скорость, которая позволит снаряду навсегда покинуть земной шар, из которого он был выпущен. Как мы уже указывали, на земле эта скорость составляет около семи миль в секунду. Их было бы три на планете Меркурий, три с половиной на Марсе, двадцать два на Сатурне и тридцать семь на Юпитере; в то время как для того, чтобы ракета улетела от солнца без перспективы возвращения, она должна покинуть сверкающую поверхность со скоростью не менее 391 мили в секунду.

Предположим, что в нашей атмосфере присутствовало некоторое количество свободного водорода, его молекулы двигались бы со средней скоростью около одной мили в секунду. Иногда при стечении обстоятельств могло случиться так, что молекула достигала скорости, превышающей семь миль в секунду. Если бы это произошло на границе атмосферы, где он избежал столкновения с другими молекулами, последний объект улетел бы в космос и не был бы возвращен землей. При непрерывном повторении этого процесса в течение бесчисленных веков все молекулы газообразного водорода покидали землю, и таким образом мы можем объяснить тот факт, что в атмосфере земли нет свободного водорода. [10]

Скорости, которые могут быть достигнуты молекулами других газов, кроме водорода, слишком малы, чтобы позволить им освободиться от притяжения земли. Таким образом, мы обнаруживаем, что кислород, азот, водяной пар и углекислый газ остаются постоянными компонентами нашего воздуха. С другой стороны, огромная масса солнца делает "критическую скорость" у поверхности этого тела настолько большой (391 миль в секунду), что даже молекулы водорода не могут сравниться с ней. Следовательно, как мы видели, водород является наиболее важным компонентом атмосферной оболочки Солнца.

Если мы теперь применим это рассуждение к Луне, то путем расчетов обнаружим, что критическая скорость составляет всего полторы мили в секунду. По-видимому, это находится в пределах максимальных скоростей, достижимых молекулами кислорода, азота и других газов. Отсюда следует, что ни один из этих газов не мог оставаться постоянно, образуя атмосферу на поверхности такого маленького тела, как Луна. По-видимому, именно по этой причине на нашем спутнике в настоящее время нет следов какого-либо отчетливого газового окружения.

Отсутствие воздуха и воды на Луне объясняет необычайную суровость лунных пейзажей. Мы знаем, что на земле воздействие ветра и дождя, мороза и снега постоянно приводит к износу наших гор и уменьшению их неровностей. На Луне подобные факторы не действуют. Вулканы привели поверхность в ее нынешнее состояние, и, хотя они прекратили свою деятельность на века, следы их деятельности сегодня кажутся почти такими же свежими, какими они были, когда потушили мощные пожары.

"Башни, увенчанные облаками, великолепные дворцы, торжественные храмы" существуют на земле недолго. Главным образом, непрекращающееся действие воды и воздуха заставляет их исчезать подобно "беспочвенной ткани видения". На Луне все эти причины распада отсутствуют, хотя, возможно, изменения температуры при переходе от лунного дня к лунной ночи сопровождались бы расширением и сжатием, которые могли бы в некоторой степени компенсировать отсутствие более мощных агентов разложения.

Представляется вероятным, что здание на Луне век за веком оставалось бы таким, каким его оставили строители. В окнах не должно быть стекол, чтобы защититься от ветра и дождя. В комнатах не обязательно иметь камины, поскольку топливо не может гореть без воздуха. Жители лунного города обнаружили бы, что не может подниматься пыль, не ощущаются запахи, не слышны звуки.

Человек - это существо, приспособленное к жизни в очень узко ограниченных обстоятельствах. Повышение или понижение температуры на несколько градусов, незначительное изменение состава воздуха, точная пригодность пищи - все это определяет разницу между здоровьем и болезнью, между жизнью и смертью. Заглядывая за пределы Луны, в просторы Вселенной, мы обнаруживаем бесчисленные небесные сферы со всеми мыслимыми вариациями температуры и строения. Среди этого огромного числа миров, которыми занято космическое пространство, есть ли хоть один, населенный живыми существами? На этот великий вопрос наука не может дать ответа: мы не можем сказать. И все же невозможно удержаться от догадки. Мы находим, что наша земля изобилует жизнью во всех ее частях. Мы находим жизнь в самых разнообразных условиях, которые только можно себе представить. С ним сталкиваются в условиях палящей жары тропиков и вечного мороза на полюсах. Мы находим жизнь в пещерах, куда никогда не проникает луч света. В глубинах океана, при давлении в тонны на квадратный дюйм, недостатка в нем тоже нет. Какими бы ни были внешние обстоятельства, природа обычно создает такую форму жизни, которой эти обстоятельства благоприятствуют.

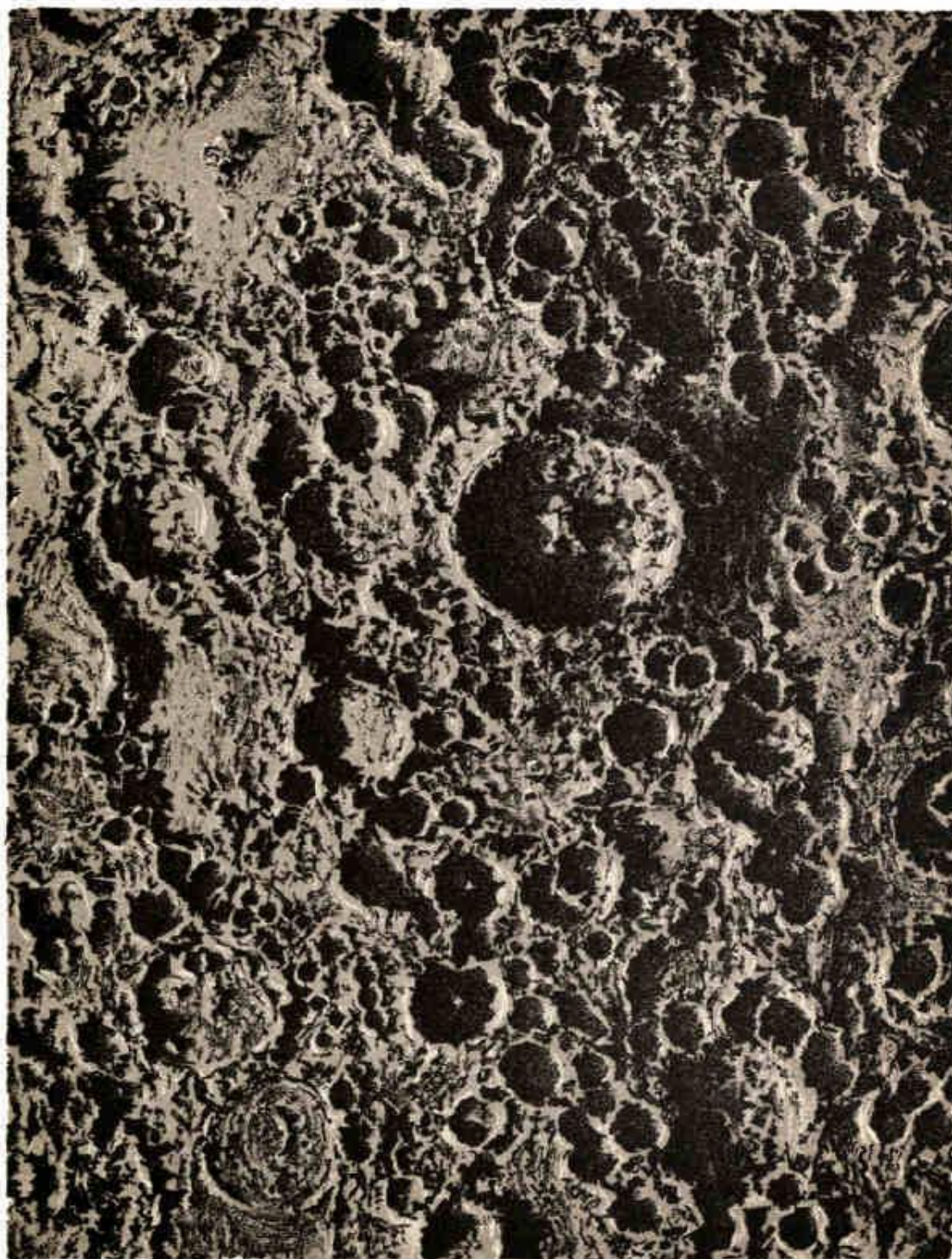
Совершенно маловероятно, что среди миллионов сфер Вселенной есть хоть одна, в точности подобная нашей земле — подобная ей по наличию воздуха и воды, подобная ей по размеру и составу. Кажется маловероятным, что человек мог прожить один час на каком-либо теле во Вселенной, кроме Земли, или что дуб мог прожить в какой-либо другой сфере один сезон. Люди могут жить на земле, и дубы могут процветать на ней, потому что конституция человека и дуба специально приспособлены к конкретным условиям земли.

Если бы мы могли поближе рассмотреть некоторые небесные тела, мы, вероятно, обнаружили бы, что они тоже изобилуют жизнью, но жизнью, специально адаптированной к окружающей среде, — жизнью в формах странных и непостижимых; жизнью, гораздо более странной для нас, чем та, какой она показалась Колумбу в Новом Свете, когда он впервые высадился там. Жизнь, возможно, более странная, чем когда-либо описанная Данте или нарисованная Доре. Разум также может иметь пристанище среди этих сфер не меньше, чем на земле. Есть глобусы большие и глобусы меньшие — атмосферы большие и атмосферы меньшие. Самая истинная философия на эту тему изложена языком Теннисона:—

"Повторяй в своем уме эту истину,
Что в безграничной вселенной
безгранично лучше, безгранично хуже.

"Думаешь, ты, этот слепок из надежд и страхов,
Не смог бы найти никого величественнее себе подобных

В тех сотнях миллионов сфер?"



ПЛИТА X.

ТИХО И ЕГО ОКРЕСТНОСТИ.
(ПОСЛЕ НЭСМИТА.)

ГЛАВА IV.

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА.

Исключительная важность Солнца и Луны -Курс, которым следует следовать—Порядок расстояния—Соседние Сферы — Как их различать?—Планеты Венера и Юпитер привлекают внимание своим блеском—Сириус не сосед—Планеты Сатурн и Меркурий—Телескопические планеты—Критерий того, следует ли причислять Тело к соседям—Значение слова *Планета*—Уран и Нептун—Кометы—Планеты освещаются Солнцем—Звезды нет—Земля на самом деле планета—Четыре Внутренние планеты, Меркурий, Венера, Земля и Марс—Скорость Земли—Внешние планеты, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун—Свет и тепло, получаемые Солнцем. по планетам от Солнца—Сравнительные размеры планет—Малые планеты—Все планеты вращаются в одном направлении—Солнечная система —Группа островов в Космосе.

В двух предыдущих главах этой работы мы попытались описать небесные тела в порядке их относительной важности для человечества. Можем ли мы хоть на мгновение усомниться в том, какая из многочисленных сфер Вселенной должна первой привлечь наше внимание? Мы сейчас не ссылаемся на внутреннее значение солнца по сравнению с другими телами или группами тел, разбросанных в пространстве. Возможно, что многочисленные глобусы соперничают с солнцем по настоящему великолепию, объему и массе. Фактически, позже в этом томе мы покажем, что это так; и тогда мы сможем указать истинное положение солнца среди бесчисленного воинства небесного. Но каким бы ни было значение Солнца, рассматриваемого просто как одно из тел, которыми изобилует космос, нельзя без колебаний утверждать, насколько неизмеримо его влияние на землю превосходит влияние всех других тел во Вселенной вместе взятых. Поэтому было естественно — даже неизбежно, - что наше первое исследование небесных сфер было направлено на это могущественное тело, которое является источником самой нашей жизни.

Также не могло быть особых колебаний относительно второго шага, который следовало предпринять. Внутренняя важность Луны по сравнению с другими небесными телами может быть невелика; на самом деле, как мы увидим впоследствии, она почти бесконечно мала. Но в экономике нашей земли Луна играла и продолжает играть роль, уступающую по важности только самому солнцу. Луна находится так близко к нам, что ее сверкающие лучи меркнут до невидимости бесчисленных шаров, размер и внутреннее великолепие которых несравненно больше ее собственных. Луна также занимает исключительное положение в истории астрономии, поскольку закон всемирного тяготения, величайшее открытие, которое наука когда-либо видела, было сделано главным образом благодаря наблюдениям за Луной. Поэтому было естественно, что первая глава в нашем Рассказе о Небесах была посвящена светилу, интерес к которому так близок к интересу самого солнца.

Но поскольку солнце и луна были частично описаны (впоследствии нам придется обратиться к ним снова), естественны некоторые колебания при выборе следующего шага. Поскольку два великих светила исчезли из поля нашего зрения, не осталось другого небесного тела, представляющего такой исключительный интерес и значение, чтобы было совершенно ясно, каким курсом следовать; мы хотим раскрыть историю небес самым естественным образом. Если бы мы попытались описать небесные тела в порядке их действительной величины, наше невежество сразу же объявило бы эту задачу невыполнимой. Мы не можем даже строить предположения относительно того, какое небесное тело должно стоять первым в списке. Даже если это самое могущественное тело находится в пределах досягаемости наших телескопов (само по себе в высшей степени невероятное предположение), мы не имеем ни

малейшего представления, в какой части небес его следует искать. И даже если бы это было возможно — если бы мы были способны расположить все видимые тела ряд за рядом в порядке их величины и великолепия, — все равно схема была бы невыполнимой, поскольку о большинстве из них мы знаем мало или вообще ничего.

Поэтому мы вынуждены прибегнуть к другому методу, и самым простым, а также наиболее естественным будет следовать, насколько это возможно, порядку расстояния между различными телами. Мы уже говорили о Луне как о ближайшем соседе Земли; затем мы рассмотрим некоторые другие небесные тела, которые находятся сравнительно близко к нам; затем, по мере развития темы, мы будем обсуждать объекты, находящиеся все дальше и дальше, пока ближе к концу книги не займемся рассмотрением самых удаленных тел во Вселенной, которые нам пока открыл телескоп.

Даже когда мы определились с этим принципом, наш курс все равно не свободен от двусмысленности. Многие небесные тела находятся в движении, так что их относительные расстояния от земли постоянно меняются; это, однако, трудность, которая не должна нас задерживать. Мы не будем пытаться строго придерживаться этого принципа во всех деталях. Будет достаточно, если мы сначала опишем те большие тела — не очень многочисленный класс, — которые, сравнительно говоря, находятся поблизости от нас, хотя все еще на различных расстояниях; а затем мы перейдем к бесчисленным телам, которые отделены от нас расстояниями настолько огромными, что воображение сбивается с толку при попытке их осознать.

Давайте же тогда рассмотрим небеса, чтобы обнаружить те сферы, которые находятся по соседству с нами. Солнце село, луна еще не взошла; безоблачное небо открывает небеса, сверкающие бесчисленными драгоценными камнями света. Некоторые сгруппированы вместе в четко обозначенные созвездия; другие кажутся беспорядочно разбросанными, со всеми степенями блеска, от самых ярких до самых тусклых точек, которые глаз может только заметить. Среди всего этого множества объектов, как нам определить те, которые находятся ближе всего к земле? Посмотрите на запад: и там, над тем местом, где все еще задерживаются уходящие солнечные лучи, мы часто видим сияющую прекрасную вечернюю звезду. Это планета Венера — прекрасный шар, сестра-близнец Земли. Яркость этой планеты, ее быстрые изменения как положения, так и блеска сразу наводят на мысль, что она находится намного ближе к земле, чем другие звездоподобные объекты. Это предположение было полностью подтверждено тщательными измерениями, и поэтому Венеру следует включить в список планет, которые являются нашими соседями.

Другая заметная планета — почти соперничающая с Венерой по блеску и значительно превосходящая Венеру великолепием своих пропорций и свиты, с древности носила величественное имя Юпитер. Несомненно, Юпитер гораздо дальше от нас, чем Венера. Действительно, он всегда как минимум вдвое дальше, а иногда и в десять раз. Но все же мы должны включить Юпитер в число наших соседей. По сравнению с сонмом звезд, сверкающих на небесах, Юпитер следует рассматривать как вполне соседний объект. Расстояние до большой планеты требует, это правда, сотен миллионов миль для его выражения; и все же, каким бы огромным ни было это расстояние, его пришлось бы умножить на десятки тысяч или сотни тысяч, прежде чем оно стало бы достаточно большим, чтобы преодолеть бездну, которая лежит между землей и ближайшей из звезд.

Венера и Юпитер привлекли наше внимание своим исключительным блеском. Однако мы впали бы в ошибку, если бы в целом предположили, что самыми яркими объектами являются

те, которые находятся ближе всего к земле. Наблюдатель, не знакомый с астрономией, вполне мог бы указать на Собачью Звезду — или Сириус, как ее чаще называют астрономы, — как на объект, исключительный блеск которого указывает на то, что он является одним из наших соседей. Это, однако, было бы ошибкой. Впоследствии у нас будет возможность подробнее остановиться на этой жемчужине нашего южного неба, и тогда окажется, что Сириус - это огромный шар, намного превосходящий наше солнце как по размерам, так и по великолепию, но погруженный в глубины космоса на такое ужасающее расстояние, что его слабые лучи, когда они достигают земли, производят на нас впечатление не могучего солнца, а всего лишь сверкающей звезды.

Принцип отбора, с помощью которого можно различать соседей Земли, будет объяснен позже; пока же достаточно будет заметить, что наш список должен быть дополнен в первую очередь добавлением уникального объекта, известного как Сатурн, хотя по яркости он намного превосходит Сириус, а также несколько других звезд. Затем мы добавляем Марс, объект, который иногда приближается так близко к земле, что излучает огненное сияние, которое вряд ли подготовило бы нас к тому, что эта планета по сути является одним из самых маленьких небесных тел. Помимо упомянутых нами объектов, древние астрономы обнаружили пятый, известный как Меркурий — планету, которая обычно невидима в свете, окружающем солнце. Меркурий, однако, иногда отходит достаточно далеко от нашего светила, чтобы его можно было увидеть до восхода солнца или после захода солнца. Эти пять — Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн — составляли планеты, известные с глубокой древности.

Однако теперь мы можем несколько расширить этот список, добавив к нему телескопические объекты, которые в наше время были обнаружены среди наших соседей. Здесь мы больше не должны откладывать введение критерия, с помощью которого мы можем определить, находится ли тело вблизи земли или нет. Более яркие планеты можно узнать по ровному сиянию их света, контрастирующему с непрерывным мерцанием звезд. Небольшое внимание, уделенное любому из названных нами тел, однако, укажет на более определенный контраст между планетами и звездами.

Понаблюдайте, например, за Юпитером в любую ясную ночь, когда хорошо видно небо, и отметьте его положение относительно соседних созвездий — насколько он правее этой звезды или левее той; прямо между этой парой или прямо на нее указывает та. Затем мы отмечаем место Юпитера на небесной карте или делаем набросок ближайших звезд, показывающий положение планеты. Через месяц или два, когда наблюдения будут повторены, место Юпитера следует снова сравнить с теми звездами, по которым оно было определено. Будет обнаружено, что, хотя звезды сохранили свое взаимное расположение, место Юпитера изменилось. Поэтому это тело вполне уместно назвать *планетой*, или странником, потому что оно непрерывно перемещается из одной части звездного неба в другую. Подобными сравнениями можно показать, что другие упомянутые нами тела — Венера и Меркурий, Сатурн и Марс — также являются странниками и принадлежат к той группе небесных тел, которая известна как планеты. Таким образом, здесь мы имеем простой критерий, по которому соседей Земли можно легко отличить от звезд. Каждое из тел, находящихся вблизи Земли, является планетой или странником, и одного факта, что тело является странником, достаточно, чтобы доказать, что оно относится к тому классу, который мы сейчас изучаем.

Получив этот тест, мы можем сразу же внести дополнение в наш список соседей. Среди мириад сфер, которые показывает телескоп, мы иногда находим одну, которая является странником. Таким образом, две другие могущественные планеты, известные как Уран и

Нептун, должны быть добавлены к пяти уже упомянутым, образуя в общей сложности группу из семи великих планет. Гораздо большее число также может быть подсчитано, если мы допустим к нашему наблюдению тела, которые не только кажутся крошечными объектами в телескоп, но на самом деле являются маленькими шарами по сравнению с могучей массой нашей земли. Эти малые планеты, которых насчитывается более четырехсот, также входят в число соседей Земли.

Мы должны отметить, что в нашу систему также должен быть включен другой класс небесных тел, сильно отличающихся от планет. Это кометы, и, действительно, может случиться так, что одно из этих неустойчивых тел иногда приблизится к земле ближе, чем даже самое близкое сближение, когда-либо совершенное планетой. Эти таинственные посетители обязательно привлекут к себе много нашего внимания позже. Пока мы ограничиваем наше внимание теми более материальными объектами, большими или малыми, которые всегда называются планетами.

Представьте на мгновение, что наше солнце можно было бы окружить каким-нибудь непрозрачным покровом, так что все его лучи погасли бы. То, что наша земля погрузилась бы в полнотную тьму, конечно, является очевидным следствием. Минутное размышление покажет, что луна, сияющая отраженными лучами солнца, стала бы полностью невидимой. Но будет ли это исчезновение солнечного света иметь какой-либо другой эффект? Повлияет ли это на бесчисленные яркие точки, которые усеивают небеса в полночь? Такое затемнение солнца действительно произвело бы замечательный эффект на ночное небо, который проявился бы при небольшом внимании. Блеск звезд, без сомнения, не претерпел бы ни малейшего изменения. Каждая звезда светит своим собственным светом и ничем не обязана солнцу. Таким образом, созвездия продолжали бы мерцать, как и прежде, но с планетами произошли бы удивительные изменения. Если бы солнце было закрыто, планеты также исчезли бы из поля зрения. Таким образом, в полуночном небе планеты исчезли бы одна за другой, в то время как звезды остались бы неизменными. Может показаться трудным понять, почему сияние Венеры или блеск Юпитера происходят исключительно от лучей, падающих на эти тела от далекого солнца. Доказательства, однако, являются окончательными по этому вопросу; и они будут представлены читателю более полно, когда мы перейдем к подробному обсуждению нескольких планет.

Предположим, что мы смотрим на Юпитер высоко в середине неба зимней ночью, можно было бы утверждать, что, поскольку земля находится между Юпитером и Солнцем, солнечные лучи не должны попадать на планету. Возможно, это вполне естественная точка зрения для жителя этой земли, пока он не познакомится с относительными размерами различных рассматриваемых тел и с расстояниями, на которые эти тела разделены. Но для жителя планеты Юпитер этот вопрос предстал бы в совершенно иной форме. Если бы такое существо спросили, испытывало ли оно большие неудобства из-за вторжения земли между ним и солнцем, его ответ был бы примерно таким: "Без сомнения, такое событие, как прохождение земли между мной и солнцем, возможно и происходило в редких случаях, разделенных большими промежутками времени; но этот проход не является причиной каких-либо неудобств, вся земля, о которой вы так много думаете, на самом деле настолько мала, что, когда она проходила перед солнцем, ее можно было увидеть просто как маленькую точку в телескоп, и количество солнечного света, которое она перехватывала, было довольно большим". незначительно".

Тот факт, что планеты светятся солнечным светом, сразу указывает на сходство между ними и нашей землей. Таким образом, мы склонны рассматривать наше солнце как центральный

огненный шар, связанный с рядом гораздо меньших тел, каждое из которых, будучи само по себе темным, обязано солнцу как светом, так и теплом.

Это был действительно грандиозный шаг в астрономии, который продемонстрировал природу солнечной системы. Открытие, что наша земля должна быть изолированным в пространстве шаром, само по себе было могучим усилием человеческого интеллекта; но когда стало известно, что этот шар был всего лишь одним из целой группы подобных объектов, некоторые из которых, без сомнения, меньше, но другие намного больше, и когда было дополнительно установлено, что эти тела подчинялись высшему контролю Солнца, мы получили цепь открытий, которые произвели фундаментальную трансформацию в человеческих знаниях.

Таким образом, мы видим, что солнце управляет многочисленным семейством. Члены этого семейства зависят от солнца, и их размеры соответствующим образом пропорциональны их подчиненному положению. Даже Юпитер, самый крупный представитель этого семейства, не содержит и тысячной доли вещества, составляющего огромную массу Солнца. И все же масса одного только Юпитера превысила бы массу остальных планет, если бы все они были сложены вместе.

Вокруг центрального светила на рис. 31 мы нарисовали пунктирными линиями четыре окружности, которые в достаточной степени иллюстрируют орбиты, по которым движутся различные тела. Самый внутренний из этих четырех путей представляет собой орбиту планеты Меркурий. Планета движется вокруг Солнца по этому пути и возвращается на то место, с которого стартовала, через восемьдесят восемь дней.

Следующая орбита, удаляющаяся от солнца, принадлежит планете Венера, которую мы уже называли хорошо известной Вечерней Звездой. Венера совершает полный оборот за 225 дней. Еще один шаг от Солнца, и мы выходим на орбиту другой планеты. Это тело почти такого же размера, как Венера, и, следовательно, намного больше Меркурия.

Рассматриваемая сейчас планета совершает каждый оборот за 365 дней. Этот период звучит знакомо для наших ушей. Это продолжительность года; а планета - это земля, на которой мы стоим. Существует впечатляющий способ осознать протяженность пути, по которому земле приходится проходить в каждом ежегодном путешествии. Длина окружности примерно в три и одну седьмую раза больше диаметра той же фигуры; так что, принимая расстояние от земли до центра солнца за 92 900 000 миль, диаметр окружности, которую земля описывает вокруг солнца, составит 185 800 000 миль, и, следовательно, окружность огромного круга, по которому земля движется вокруг Солнца, составляет полных 583 000 000 миль. Земля должна преодолевать это расстояние каждый год. Это просто сумма в делении, чтобы определить, как далеко мы должны перемещаться каждую секунду, чтобы совершить это долгое путешествие за год. Окажется, что земля действительно должна проходить восемнадцать миль каждую секунду, так как в противном случае она не завершила бы свой путь за отведенное время.

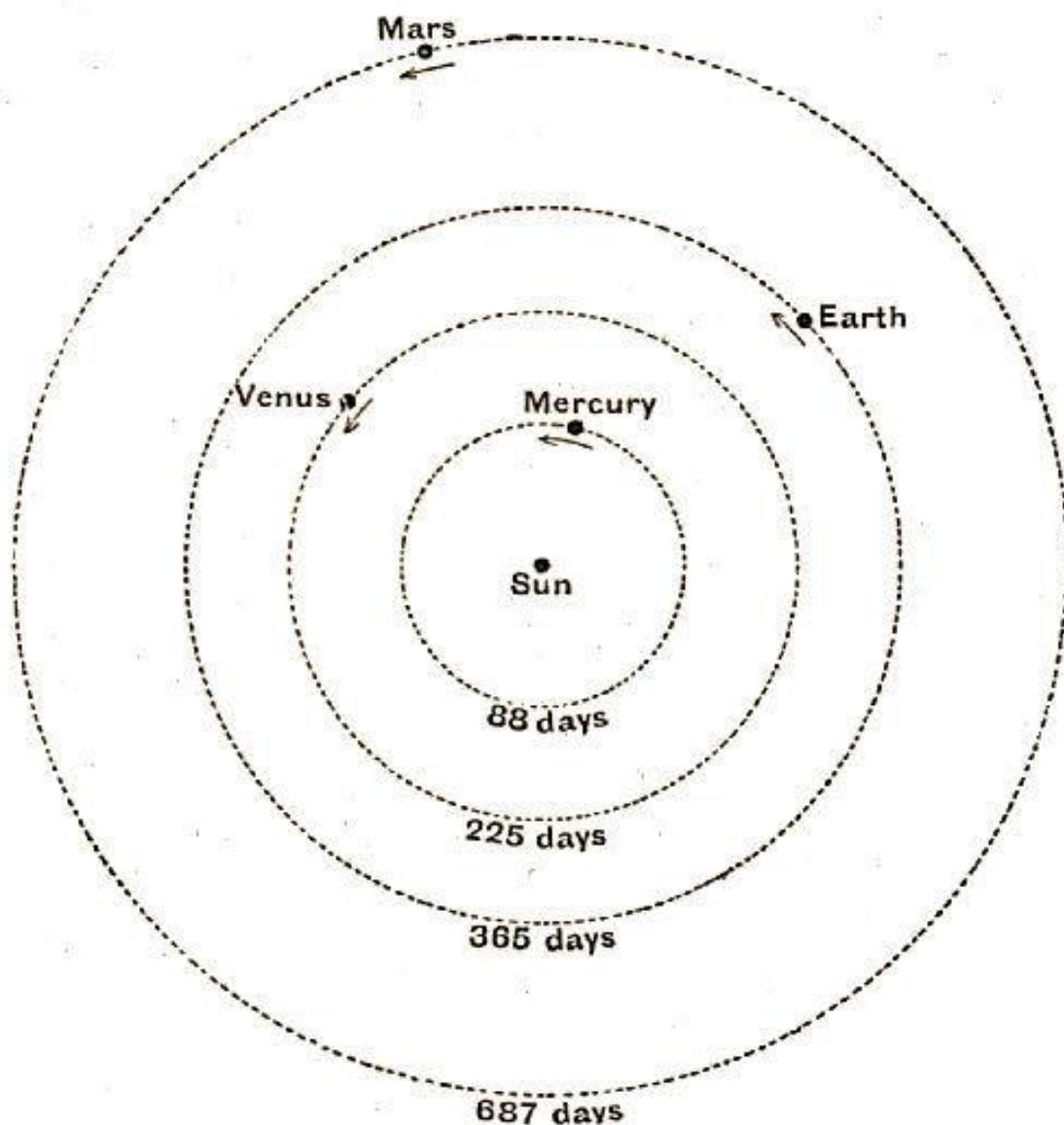


Рис. 31.

Орбиты Четырех Внутренних планет.

Остановитесь на мгновение, чтобы подумать, что на самом деле означает скорость восемнадцать миль в секунду. Можем ли мы осознать такую огромную скорость? Давайте сравним ее с нашими обычными видами быстрого передвижения. Посмотрите на этот экспресс, как он проносится под мостом, как в следующий момент он пропадает из виду! Может ли какая-либо скорость быть больше этой? Давайте попробуем это с помощью цифр. Поезд движется со скоростью мили в минуту; умножьте эту скорость на восемнадцать, и она составит восемнадцать миль в *минуту*, но мы должны еще умножить ее на шестьдесят, чтобы получить скорость восемнадцать миль в *секунду*. Скорость экспресса не составляет и тысячной доли скорости Земли. Возьмем другой пример. Мы стоим на стрельбище, чтобы увидеть, как из винтовки стреляют по мишени на расстоянии 1000 футов, и обнаруживаем, что секунды или двух достаточно, чтобы пуля пролетела это расстояние. Земля движется почти в сто раз быстрее винтовочной пули.



Рис.

32. Движение Земли.

С другой стороны, колоссальная скорость земли не кажется чрезмерной. Земля - огромный шар, настолько огромный, что даже при движении с такой скоростью ему требуется почти восемь минут, чтобы преодолеть свой собственный диаметр. Если бы пароходу требовалось восемь минут, чтобы преодолеть расстояние, равное его собственной длине, его скорость была бы меньше мили в час. Чтобы проиллюстрировать этот метод рассмотрения предмета, мы покажем здесь вид прогресса, достигнутого землей (рис. 32). Расстояние между центрами этих кругов примерно в шесть раз больше диаметра; и, соответственно, если считать, что они представляют землю, время, необходимое для перехода из одного положения в другое, составляет около сорока восьми минут.

Сойдя с траектории движения Земли, мы выходим на орбиту четвертой планеты, Марса, которому требуется 687 дней, или почти два года, чтобы завершить свой оборот вокруг Солнца. С нашим прибытием на Марс мы достигли предела внутренней части Солнечной системы.

Четыре упомянутые нами планеты сами по себе образуют группу, отличающуюся сравнительной близостью к Солнцу. Все они представляют собой тела умеренных размеров. Венера и Земля представляют собой глобусы примерно одинакового размера. Меркурий и Марс - объекты меньшего размера, которые по объему находятся между землей и Луной. Четыре ближайшие к Солнцу планеты значительно превосходят по объему и массе гигантские тела нашей системы — величественную группу Юпитера и Сатурна, Урана и Нептуна.

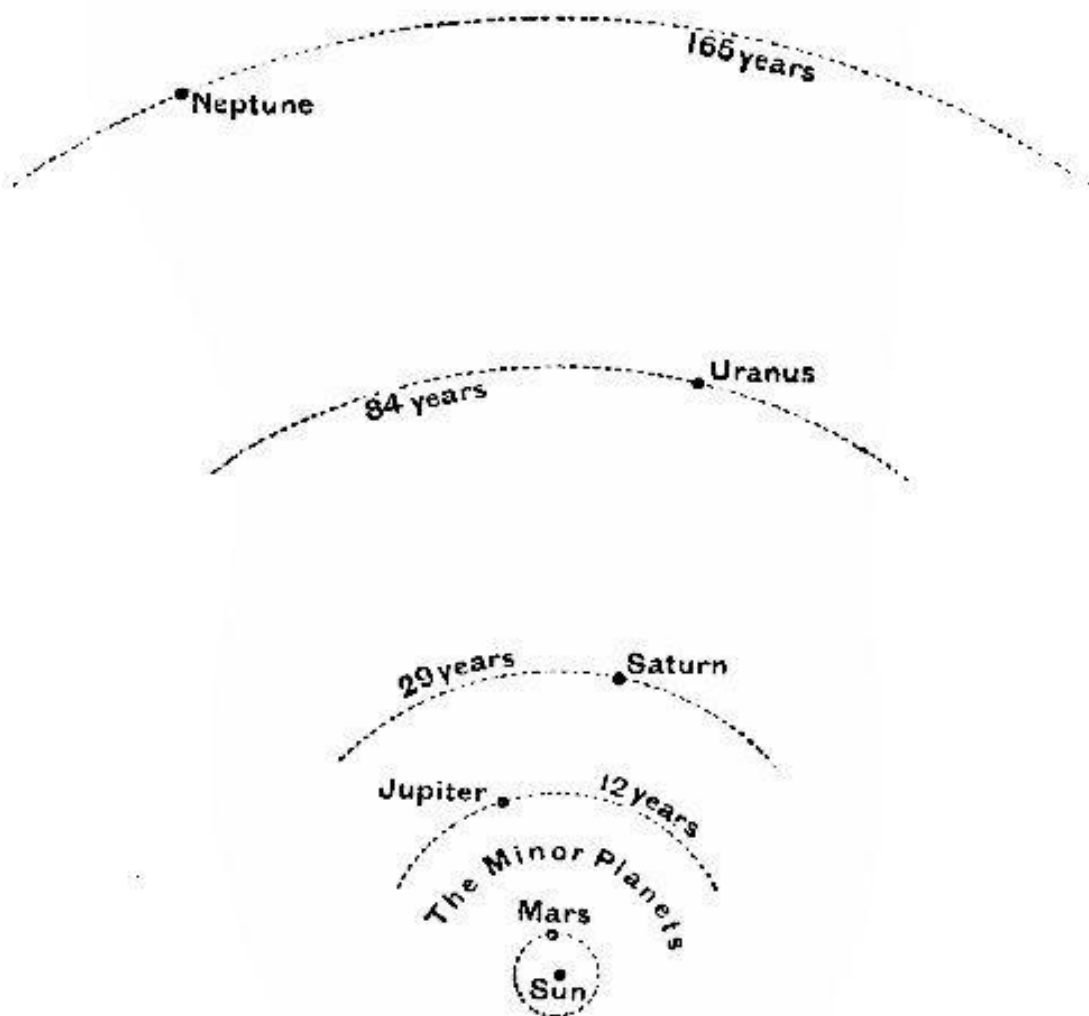


Рис. 33.

Орбиты четырех планет—гигантов.

Эти планеты-гиганты пользуются солнечным управлением наравне со своими более слабыми собратьями. На диаграмме на этой странице (рис. 33) представлены части орбит больших внешних планет. Солнце, как и прежде, находится в центре, но внутренние планеты в этом масштабе были бы настолько близки к солнцу, что можно было бы представить только орбиту Марса. После орбиты Марса наступает значительный промежуток, не лишенный, однако, планетарной активности, а затем следуют орбиты Юпитера и Сатурна; еще дальше у нас есть Уран, огромный шар, который можно увидеть без посторонней помощи; и, наконец, вся система ограничена большой орбитой Нептуна — планеты, о которой у нас будет замечательная история для рассказа.

Различные круги на рис. 34 показывают видимые размеры Солнца, видимые с разных планет. Если взять круг, соответствующий земле, для обозначения количества тепла и света, которые земля получает от солнца, то другие круги обозначат тепло и свет, которыми пользуются соответствующие планеты. Следующая внешняя планета после земли - Марс, чья доля солнечных благ не так уж сильно уступает земной; но мы не в состоянии понять, как такие отдаленные тела, как Юпитер или Сатурн, могут наслаждаться климатом, сравнимым с климатом планет, расположенных более благоприятно.

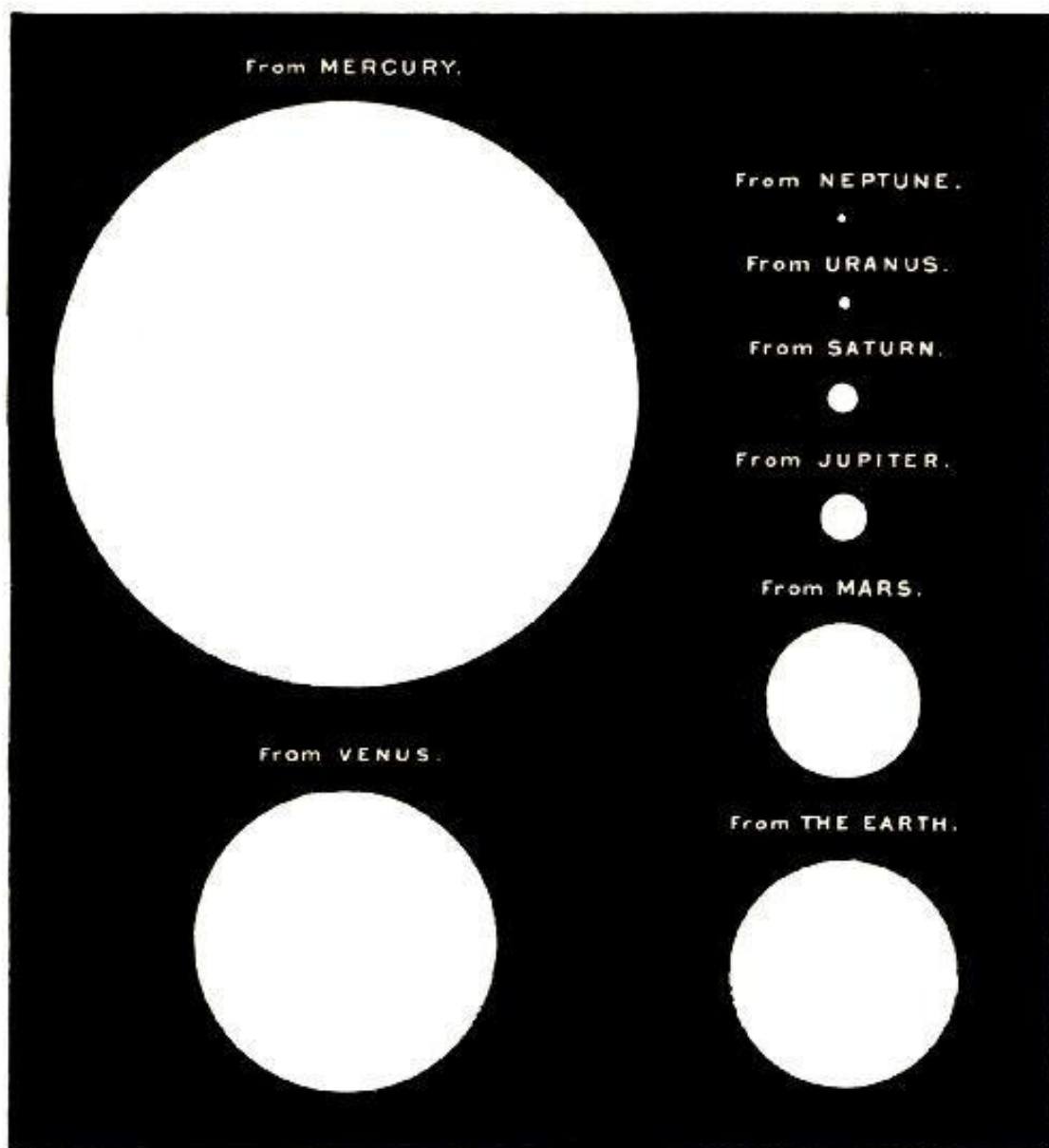


Рис. 34.

Сравнительный видимый размер Солнца с различных планет.

На рис. 35 показано изображение всего семейства планет, окружающих Солнце, представленное в том же масштабе, чтобы показать их сравнительные размеры. Измеренный по объему, Юпитер более чем в 1200 раз больше земли, так что потребовалось бы по меньшей мере 1200 частей земли, объединенных в одну, чтобы сформировать шар, равный шару Юпитера. Разница между Землей и Юпитером, измеряемая по весу, хотя и остается огромной, не так уж велика; но более подробно этот вопрос будет рассмотрен в одной из последующих глав.

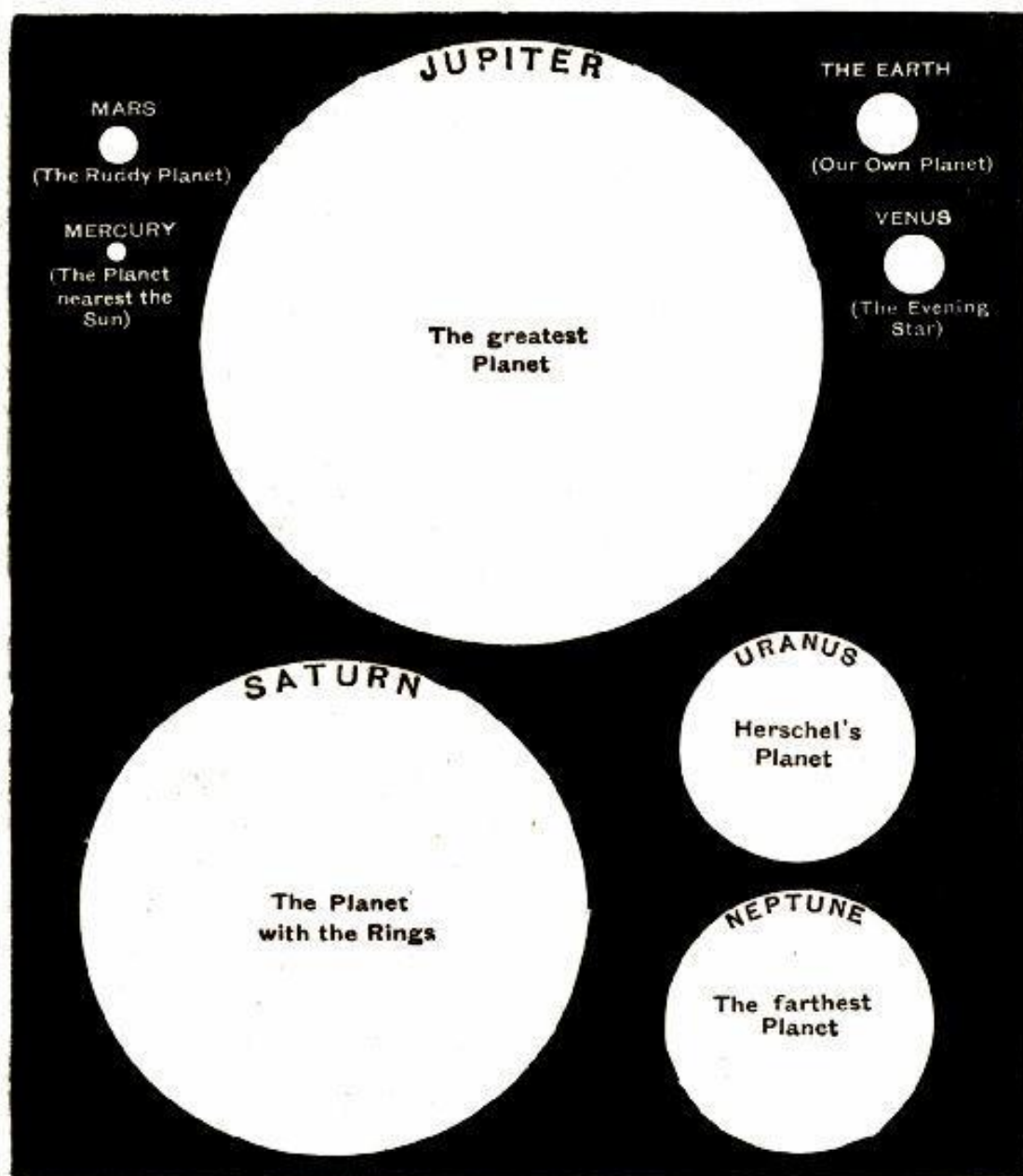


Рис.

35. Сравнительные размеры планет.

Даже в этом предварительном обзоре Солнечной системы мы не должны упускать из виду планеты, которые привлекают наше внимание не своей массой, а своим множеством. Когда-то считалось, что в обширной зоне, ограниченной изнутри орбитой Марса, а снаружи орбитой Юпитера, ни одна планета не вращается. Современные исследования показали, что этот регион населен не одной планетой, а сотнями. Открытие этих планет - задача, за которую взялись различные прилежные астрономы современности, в то время как обсуждение их движения дает труд другим людям науки. Нам будет чему поучиться при изучении этих крошечных тел, и особенно другой маленькой планеты под названием Эрос, которая находится ближе к земле, чем указанный выше предел. Этим объектам будет посвящена отдельная глава.

Но в настоящее время мы не собираемся углубляться в простую статистику планетной системы. Если бы таково было наше намерение, таблицы в конце тома показали бы, что доступно достаточно материалов. Астрономы провели инвентаризацию каждой из планет. Они измерили их расстояния, форму их орбит и положение этих орбит, время обращения и, в

случае всех более крупных планет, их размеры и массу. Такие результаты представляют интерес для многих целей. Однако в настоящее время нашего внимания требуют более общие черты науки.

Давайте в заключение отметим одну или две важные истины, относящиеся к нашей планетной системе. Мы видели, что все планеты вращаются вокруг Солнца почти по круговым траекториям. Теперь мы должны добавить еще один факт, имеющий большое значение. Каждая из планет движется по своему пути в одном и том же направлении. Таким образом, случается, что одно такое тело может обогнать другое, но никогда не может случиться так, что две планеты пройдут мимо друг друга, как это делают поезда на соседних железнодорожных линиях. Впоследствии мы обнаружим, что все благополучие нашей системы, более того, ее непрерывное существование зависит от этого замечательного единообразия, взятого в сочетании с другими особенностями системы.

Такова наша солнечная система; могущественная организованная группа планет, вращающихся под контролем солнца и полностью изолированных от любого внешнего вмешательства. Ни одна звезда, ни одно созвездие не оказывает сколько-нибудь заметного влияния на нашу солнечную систему. Мы представляем собой небольшую группу островов, отделенных от ближайших звезд самыми невероятными расстояниями. Возможно, поскольку другие звезды являются солнцами, то и вокруг них тоже могут вращаться системы планет; но об этом мы ничего не знаем. О звездах мы можем сказать только то, что они кажутся нам светящимися точками, и любые планеты, которыми они могут обладать, должны навсегда оставаться невидимыми для нас, даже если они во много раз больше Юпитера.

Нам не нужно сетовать на это ограничение наших возможных знаний, ибо точно так же, как мы находим в солнечной системе все, что необходимо для удовлетворения наших повседневных телесных потребностей, мы найдем достаточно занятий для любых способностей, которыми можем обладать, в попытках понять те тайны небес, которые находятся в пределах нашей досягаемости.

ГЛАВА V.

ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ.

Гравитация — Падение Камня на Землю - Все Тела падают одинаково, со скоростью шестнадцать футов в секунду — Верно ли это на Больших высотах?—Падение тела с высоты четверти миллиона миль—Как Ньютон получил Ответ с Луны—Его Великое открытие—Формулировка Закона всемирного тяготения—Иллюстрации Закона—Как получается, что все Тела во Вселенной не устремляются Друг к Другу?—Эффект движения—Как за счет притяжения может быть создана круговая траектория—Общее описание движения Луны—Является ли гравитация силой большой интенсивности?—Два груза по 50 фунтов.—Два железных шара диаметром 53 ярда, расположенные на расстоянии мили друг от друга, притягиваются с силой в 1 фунт.—Характеристики гравитации—Орбиты планет не являются строго круговыми—Открытия Кеплера—Построение эллипса—Первый закон Кеплера—Движется ли Планета равномерно?—Закон изменения скорости—Второй закон Кеплера—Соотношение между расстояниями и периодическим временем—Третий закон Кеплера—Законы Кеплера и Закон всемирного тяготения—Движение по прямой—Тело, на которое не действуют возмущающие силы, будет двигаться по прямой с постоянной скоростью—

Применение к Земле и планетам—Закон всемирного тяготения, выведенный из законов Кеплера—Всемирное тяготение.

Наше описание небесных тел должно претерпеть небольшой перерыв, пока мы с соответствующими подробностями не проиллюстрируем важный принцип, известный как закон всемирного тяготения, который лежит в основе всей астрономии. С помощью этого закона мы можем объяснить движение Луны вокруг Земли и планет вокруг Солнца. Соответственно, мы обязаны обсудить этот вопрос, прежде чем перейдем к более конкретному описанию отдельных планет. Мы обнаружим также, что закон всемирного тяготения проливает некоторый столь необходимый свет на природу звезд, расположенных на самых отдаленных расстояниях в космосе. Это также позволяет нам окинуть взглядом перспективы прошлого и с правдоподобием, если не с уверенностью, проследить некоторые ранние фазы в истории нашей системы. Солнце и луна, планеты и кометы, звезды и туманности - все в равной степени подчиняются этому универсальному закону, который сейчас привлечет наше внимание.

Что может быть более знакомым, чем тот факт, что брошенный камень упадет на землю? Поначалу никто не считает этот вопрос даже заслуживающим внимания. Люди часто удивляются, видя, как кусок железа притягивается к магниту. Однако падение камня на землю является проявлением силы, не менее интересной, чем сила магнетизма. Именно земля притягивает камень, точно так же, как магнит притягивает железо. В каждом случае это сила притяжения; но в то время как магнитное притяжение ограничено несколькими веществами и имеет сравнительно ограниченное значение, притяжение гравитации значительно во всей вселенной.

Давайте начнем с нескольких очень простых экспериментов с силой тяготения. Подержите в руке небольшой кусочек свинца, а затем дайте ему упасть на подушку. Поводку требуется определенное время, чтобы переместиться с пальцев на подушечку, но это время всегда одно и то же при одинаковой высоте. Возьмите теперь кусок свинца побольше и держите по одному кусочку в каждой руке на одинаковой высоте. Если отпустить оба в один и тот же момент, они оба достигнут подушки одновременно. Можно было бы подумать, что тяжелое тело будет падать быстрее, чем легкое; но когда эксперимент проводится, видно, что это не так. Повторите эксперимент с различными другими веществами. Будет обнаружено, что обычный шарик падает одновременно с кусочком свинца. С кусочком пробки мы снова проводим эксперимент и снова получаем тот же результат. Сначала кажется, что это не так, когда мы сравниваем перо с куском свинца; но это исключительно из-за воздуха, который сопротивляется перу больше, чем оно сопротивляется свинцу. Однако, если перо поместить на верхушку пенни, а пенни при падении расположить горизонтально, это уберет воздух с пути падения пера, и тогда перо упадет так же быстро, как пенни, так же быстро, как шарик, или так же быстро, как свинец.

Если бы наблюдатель находился на галерее, когда проводил эти эксперименты, и если бы подушка находилась на высоте шестнадцати футов под его руками, то время, которое потребовалось бы мрамору, чтобы пройти эти шестнадцать футов, составило бы одну секунду. Время, затрачиваемое пробкой или свинцом, было бы одинаковым; и даже само перо пролетело бы шестнадцать футов за одну секунду, если бы его можно было защитить от воздействия воздуха. Попробуйте этот эксперимент, где бы нам ни захотелось, в Лондоне или в любом другом городе, на любом острове или континенте, на борту корабля в море, на Северном или Южном полюсе или экваторе, всегда будет обнаружено, что любое тело

любого размера или из любого материала будет падать примерно на шестнадцать футов за одну секунду.

Чтобы не возникло какого-либо ошибочного впечатления, мы можем просто упомянуть, что расстояние, проходимое за одну секунду, действительно немного различается в разных частях земли, но по причинам, которые в данный момент не должны нас задерживать. В настоящее время мы будем рассматривать шестнадцать футов как расстояние, на которое любое тело, свободное от помех, упало бы за одну секунду в любой части земной поверхности. Но теперь давайте расширим наш обзор над поверхностью земли и посмотрим, насколько далеко этот закон о шестнадцати футах в секунду может найти применение в других местах. Давайте, например, поднимемся на вершину горы и проведем эксперимент там. Было бы обнаружено, что на вершине горы мрамору потребовалось бы немного больше времени, чтобы упасть с высоты шестнадцати футов, чем тому же мрамору, если бы он упал у ее подножия. Разница была бы очень мала, но все же ее можно было бы измерить, и ее было бы достаточно, чтобы показать, что сила земли, притягивающая шарик к земле, несколько ослабевает в точке высоко над поверхностью земли. Какой бы ни была высота, на которую мы поднимаемся, будь то вершина высокой горы или еще большие высоты, достигнутые при полетах на воздушном шаре, мы никогда не обнаружим, что тенденция тел падать на землю прекращается, хотя, без сомнения, чем выше мы поднимаемся, тем больше эта тенденция ослабевает. Было бы очень интересно выяснить, насколько далеко действительно может простираться эта способность земли притягивать к себе тела. Мы не можем подняться на воздушном шаре выше, чем на пять-шесть миль над поверхностью земли; и все же мы хотим знать, что произошло бы, если бы мы могли подняться на 500, или 5000 миль, или еще дальше, в области космоса.

Представьте себе, что путешественник был бы наделен каким-то средством воспарять ввысь на мили и тысячи миль, все выше и выше, пока, наконец, он не достиг бы ужасающей высоты почти в четверть миллиона миль над землей. Взглянув вниз на поверхность этой земли, которая находится на такой огромной глубине, он смог бы увидеть чудесный вид с высоты птичьего полета. Он, без сомнения, утратил бы детали городов и деревень; чертами такого ландшафта были бы целые континенты и океаны, поскольку просветы между облаками позволяли бы обнажать поверхность земли.

На этой колоссальной высоте он мог провести один из самых интересных экспериментов, которые когда-либо были во власти философа. Он мог проверить, ощущается ли притяжение земли на такой высоте, и он мог измерить величину этого притяжения. Возьмите для эксперимента пробку, шарик или любой другой предмет, большой или маленький; подержите его между пальцами и отпустите. Все знают, что произошло бы в таком случае здесь, внизу; но потребовалось, чтобы сэр Исаак Ньютон сказал, что произошло бы в таком случае там, наверху. Ньютон утверждает, что способность земли притягивать тела распространяется даже на эту огромную высоту, и что шарик упал бы. Это доктрина, которую мы теперь можем проверить. Мы готовы к эксперименту. Шарик высвобождается, и, о чудо! наше первое восклицание - удивление. Вместо того, чтобы мгновенно упасть, маленький предмет, кажется, остается подвешенным. Мы уже готовы воскликнуть, что, должно быть, вышли за пределы земного притяжения и что Ньютон ошибается, когда наше внимание привлекается; шарик начинает двигаться, так медленно, что поначалу нам приходится внимательно наблюдать за ним. Но темп постепенно улучшается, так что притяжение не вызывает никаких сомнений, пока, постепенно набирая все большую скорость, мрамор не ускоряется в своем долгом путешествии длиной в четверть миллиона миль к земле.

Но, конечно, скажут, что такой эксперимент должен быть совершенно невозможен; и, без сомнения, он не может быть выполнен описанным способом. Ньютону пришла в голову смелая идея использовать саму Луну, которая находится почти в четверти миллиона миль над землей, для ответа на этот вопрос. Никогда раньше наш спутник не использовался с таким благородством. На самом деле, в каждый момент времени он приближается к Земле. Мы можем рассчитать, насколько сильно он отклоняется к земле в каждую секунду, и таким образом получить меру силы притяжения земли. Из таких исследований Ньютон смог узнать, что тело, выпущенное на расстояние 240 000 миль над поверхностью земли, все еще будет притягиваться землей, что в силу притяжения тело начнет двигаться к земле — правда, не со скоростью, с которой тело падает в экспериментах на поверхности, а с гораздо меньшей скоростью. Тело, сброшенное с расстояния Луны, начало бы свой долгий путь так медленно, что прошла бы *минута* вместо *секунды*, прежде чем было бы преодолено расстояние в шестнадцать футов. [11]

Именно размышляя над информацией, полученной таким образом с Луны, Ньютон сделал свое бессмертное открытие. Земное притяжение - это сила, которая распространяется далеко в пространстве. Чем дальше тело, тем слабее становится гравитация; здесь Ньютон нашел способ разрешить великую проблему относительно закона, согласно которому интенсивность гравитации уменьшается. Информация, полученная с Луны, о том, что телу, находящемуся на расстоянии 240 000 миль, требуется минута, чтобы пролететь пространство, равное тому, через которое оно упало бы здесь за секунду, имела первостепенное значение. Во-первых, это показывает, что сила притяжения земли, с помощью которой она притягивает все тела к земле, ослабевает на расстоянии. Это, действительно, можно было предвидеть. Столь же разумно предположить, что по мере того, как мы удаляемся все дальше и дальше в глубины космоса, сила притяжения должна уменьшаться, как и то, что блеск света должен уменьшаться по мере того, как мы удаляемся от него; и примечательно, что закон, согласно которому сила притяжения уменьшается с увеличением расстояния, точно такой же, как закон, согласно которому яркость света уменьшается с увеличением расстояния.

Закон природы, изложенный в его простейшей форме, утверждает, что интенсивность гравитации изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния. Позвольте мне попытаться прояснить это несколько абстрактное утверждение с помощью одной или двух простых иллюстраций. Предположим, что тело было поднято над поверхностью земли на высоту почти 4000 миль, так что оно находилось на высоте, равной радиусу земли. Другими словами, тело, расположенное таким образом, было бы в два раза дальше от центра земли, чем тело, лежащее на поверхности. Закон всемирного тяготения гласит, что затем интенсивность притяжения должна быть уменьшена до одной четвертой части, так что притяжение земли к телу высотой 4000 миль составляет всего четверть притяжения земли к этому телу, пока оно лежит на земле. Мы можем представить, что эффект этого притяжения проявляется по-разному. Позвольте телу упасть, и за одну секунду оно пролетит всего четыре фута, что составляет лишь четверть расстояния, которое сила тяжести могла бы вызвать у поверхности Земли.

Мы можем рассмотреть этот вопрос по-другому, предположив, что притяжение земли измеряется с помощью одной из тех маленьких весовых машин, которые известны как пружинные весы. Если на такое приспособление подвесить груз весом в четыре фунта у поверхности земли, указатель, конечно, показывает вес в четыре фунта; но представьте себе, что эти весы, все еще несущие добавленный к ним вес, нужно поднимать все выше и выше, *указанное* напряжение будет становиться все меньше и меньше, пока к тому времени, когда

весы достигнут высоты 4000 миль, где они будут в *два* раза дальше от центра земли, чем вначале, указанное напряжение уменьшится до *четвертой* части, и весы покажут только один фунт. Если бы мы могли представить себе, что прибор унесен еще дальше в глубины космоса, то показания шкалы продолжали бы неуклонно снижаться. К тому времени, когда аппарат достиг высоты 8000 миль, находясь тогда в *три* раза дальше от центра Земли, чем вначале, закон всемирного тяготения говорит нам, что притяжение должно было уменьшиться до одной девятой части. Напряжение, указанное таким образом на весах, составляло бы только девятую часть от четырех фунтов, или менее половины фунта. Но пусть путешествие будет еще раз возобновлено, и пусть на этот раз не будет остановки до тех пор, пока весы и их четырехфунтовый вес не вернутся на ту орбиту, которую Луна проходит в своем месячном обращении вокруг земли. Достигнутое таким образом расстояние примерно в шестьдесят раз превышает радиус земли, и, следовательно, сила притяжения уменьшается в пропорции один к квадрату шестидесяти; тогда пружина будет натянута лишь на незначительную долю в 1-3 600 от четырех фунтов. Следовательно, оказывается, что груз, который на земле весил полторы тонны, если бы его подняли на 240 000 миль, весил бы меньше фунта. Но даже на этом огромном расстоянии мы не должны останавливаться; представьте, что мы отступаем все дальше и дальше; напряжение, проявляемое балансом, будет постоянно уменьшаться, но оно все равно будет существовать, независимо от того, как далеко мы зайдем. Астрономия, по-видимому, учит нас, что притяжение может распространяться, с соответствующим ослаблением интенсивности, через самые глубокие пропасти космоса.

Принцип тяготения имеет гораздо более широкий охват, чем мы до сих пор указывали. Мы говорили только о притяжении Земли и утверждали, что эта сила распространяется во всем пространстве. Но закон всемирного тяготения не так уж ограничен. Не только земля притягивает любое другое тело, и каждое другое тело притягивает землю, но и каждое из этих тел притягивает другое; так что в своей более полной форме закон всемирного тяготения провозглашает, что "каждое тело во вселенной притягивает любое другое тело с силой, которая изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния".

Важность этого закона невозможно переоценить. Он дает ключ, с помощью которого мы можем разгадать сложное движение планет. Это привело к удивительным открытиям, в которых закон всемирного тяготения позволил нам предвосхитить телескоп и почувствовать существование тел еще до того, как эти тела были замечены.

Сначала следует рассмотреть возражение, которое может быть выдвинуто на этом этапе. Оно действительно кажется правдоподобным. Если земля притягивает Луну, почему луна не падает на землю? Если земля притягивается солнцем, почему она не падает на солнце? Если солнце притягивается другими звездами, почему они не устремляются вместе со страшным столкновением? Можно безосновательно утверждать, что если все эти небесные тела притягиваются друг к другу, то, по-видимому, все они должны устремляться друг к другу вследствие этого притяжения и таким образом спаивать всю материальную вселенную в единую могучую массу. На самом деле мы знаем, что такие столкновения происходят нечасто и что вероятность их возникновения крайне мала. Мы видим, что, хотя говорят, что наша земля притягивалась солнцем на протяжении бесчисленных веков, все же земля так же далека от солнца, как и прежде. Не противоречит ли это доктрине всемирного тяготения? На заре астрономии подобные возражения считались и, несомненно, считались почти непреодолимыми; даже сейчас мы время от времени слышим, как их выдвигают, и поэтому тем более важно объяснить, как случилось, что Солнечная система смогла избежать катастрофы, которая, по-видимому, ей угрожает.

Не может быть никаких сомнений в том, что если бы Луна и земля были изначально помещены *в состояние покоя*, они были бы притянуты друг к другу своим взаимным притяжением. Точно так же, если бы систему планет, окружающих солнце, изначально оставили *в покое*, они врезались бы в солнце, и система была бы уничтожена. Именно тот факт, что планеты *движутся*, и что *движется* Луна, позволил этим телам успешно противостоять притяжению, по крайней мере, до тех пор, пока они не будут притянуты этим к полному разрушению.

Настолько желательно, чтобы учащийся четко понимал, как центральное притяжение совместимо с обращением по почти круговой траектории, что мы приводим иллюстрацию, показывающую, как Луна движется по своей месячной орбите под руководством и контролем притягивающей земли.

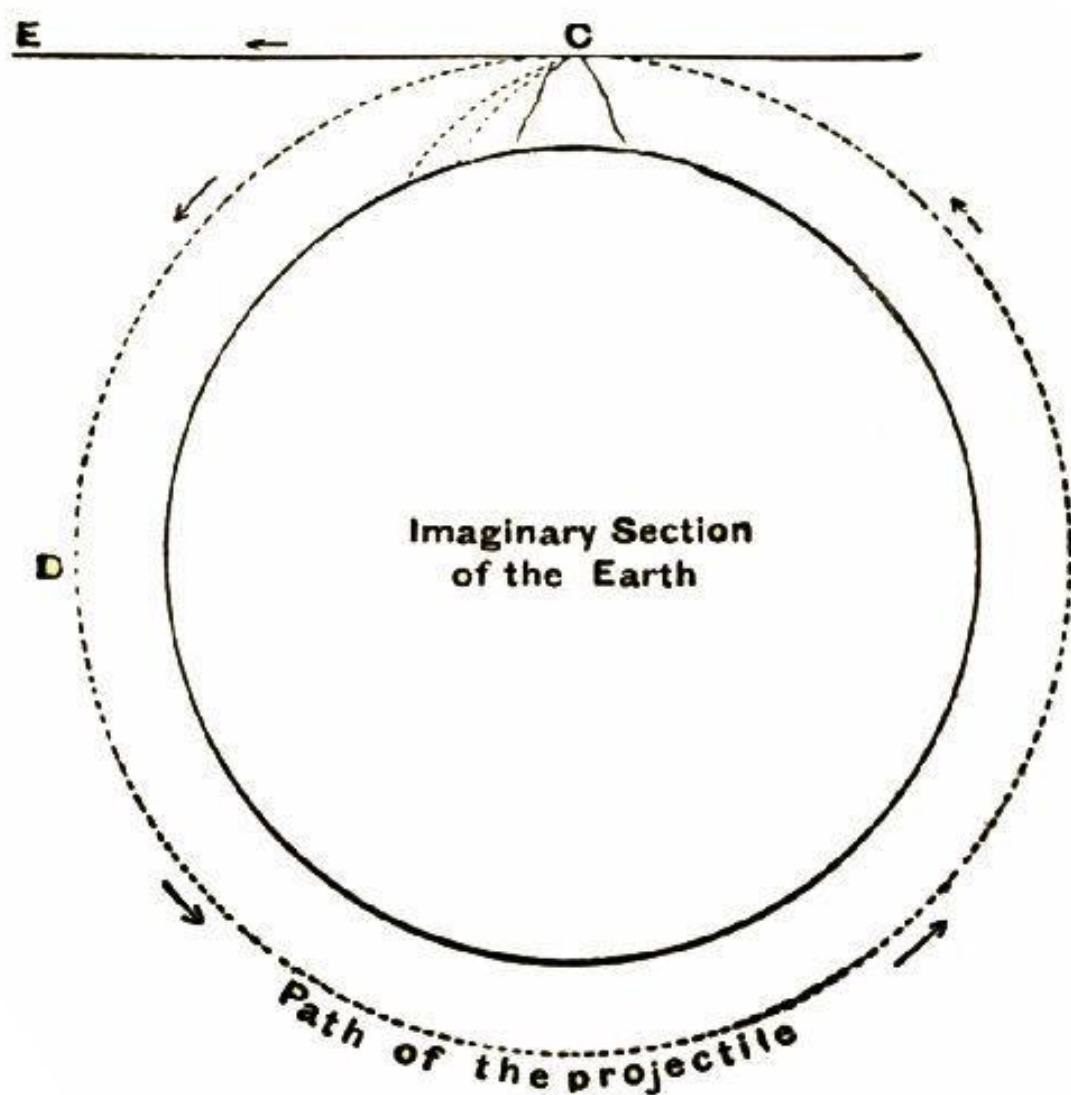


Рис.

36. Иллюстрация движения Луны.

Воображаемый рисунок на рис. 36 обозначает участок земли с высокой горой на нем. [12] Если бы пушка была установлена на вершине горы в точке С, и если бы пушечное ядро было выпущено в направлении С Е с умеренным зарядом пороха, ядро двигалось бы вниз по

первой изогнутой траектории. Если выстрелить во второй раз более тяжелым зарядом, траектория полета пройдет по второй изогнутой линии, и мяч снова упадет на землю. Но давайте попробуем в следующий раз с еще более мощным зарядом и, действительно, с гораздо более мощной пушкой, чем у любого когда-либо созданного боеприпаса. Теперь следует принять скорость снаряда равной нескольким милям в секунду, но мы можем предположить, что скорость должна быть отрегулирована таким образом, чтобы мяч двигался по траектории CD , всегда на одной и той же высоте над землей, хотя и продолжая отклоняться, как и должен отклоняться каждый снаряд, от горизонтальной линии, по которой он двигался в первый момент. Достигнув точки D , мяч все еще будет находиться на той же высоте над поверхностью, и его скорость не должна уменьшаться. Таким образом, он продолжит свой путь и будет двигаться по другому квадранту круга, не приближаясь к поверхности. Таким образом, снаряд полностью облетит весь земной шар, снова вернется в точку C , а затем совершит еще один пуск по той же траектории. Если бы мы могли уничтожить гору и пушку на вершине, у нас было бы тело, вечно вращающееся вокруг земли под действием силы притяжения.

Теперь дайте волю своему воображению. Представьте себе потрясающую пушку, способную принимать круглую пулю диаметром не менее 2000 миль. Выпускайте эту огромную пулю со скоростью около 3000 футов в секунду, что в два-три раза больше скорости, фактически достижимой в современной артиллерии. Пусть эта примечательная пуля будет выпущена горизонтально с какой-нибудь станции, находящейся почти в четверти миллиона миль над поверхностью земли. Эта страшная ракета облетит землю по почти круговой орбите и вернется туда, откуда стартовала, примерно через четыре недели. Затем началась бы новая революция, еще через четыре недели она снова оказалась бы в исходной точке, и это движение продолжалось бы целую вечность.

Не думайте, что мы всецело романтики. Мы не можем показать пушку, но мы можем указать на большой снаряд. Мы видим это каждый месяц; это сама прекрасная луна. Никто не утверждает, что в луну когда-либо стреляли из такой пушки; но следует признать, что она движется так, как будто в нее стреляли. В следующей главе мы рассмотрим историю Луны и покажем, как она стала вращаться таким удивительным образом.

Как с луной вокруг земли, так и с землей вокруг солнца. Иллюстрация показывает, что круговое или почти круговое движение согласуется с концепцией закона всемирного тяготения.

Мы привыкли рассматривать гравитацию как силу колоссальной величины. Разве гравитация не управляет обращением Луны вокруг Земли? Разве даже сама могущественная земля не удерживается на своем пути вокруг Солнца благодаря непреодолимой силе солнечного притяжения? Несомненно, реальная сила, удерживающая землю на ее пути, а также та, которая удерживает Луну по соседству с нами, имеет огромную интенсивность, но это потому, что гравитация в таких случаях ассоциируется с телами огромной массы. Никто не может отрицать, что все доступные нашему наблюдению тела, по-видимому, притягиваются друг к другу в соответствии с законом всемирного тяготения; но следует признать, что, если одно или оба притягивающих тела не имеют гигантских размеров, интенсивность почти неизмеримо мала.

Давайте попытаемся проиллюстрировать, насколько слабым является притяжение между массами легко управляемых размеров. Возьмем, к примеру, две железные гири, каждая весом около 50 фунтов., и разделенные расстоянием в один фут от центра к центру. Между этими гирями существует определенное притяжение. Два груза притянуты друг к другу, но не

двигаются. Притяжение между ними, хотя оно, безусловно, существует, представляет собой чрезвычайно незначительную силу, совсем не сравнимую по интенсивности с магнитным притяжением. Всем известно, что магнит притягивает кусок железа со значительной силой, но сила притяжения намного меньше при массах равного размера. Притяжение между этими двумя 50-фунтовыми гирями составляет менее десятимиллионной доли одного фунта. Такая сила совершенно бесконечно мала по сравнению с трением между грузами и столом, на котором они стоят, и, следовательно, на притяжение не реагирует даже малейшее движение. И все же, если мы сможем представить, что каждый из этих грузов установлен на колесах, абсолютно лишенных трения, и движется по абсолютно идеальным горизонтальным направляющим, то нет никаких сомнений в том, что тела начали бы медленно сближаться и со временем действительно соприкоснулись бы.

Если мы хотим представить гравитацию как силу измеримой интенсивности, мы должны использовать массы, намного более тяжелые, чем эти 50 фунтов. Представьте себе пару шаров, каждый из которых состоит из 417 000 тонн чугуна, и каждый, если он твердый, имеет около 53 ярдов в диаметре. Представьте, что эти шары расположены на расстоянии одной мили друг от друга. Каждый шар притягивает другой силой притяжения. Не имеет значения, что вмешиваются здания и препятствия любого вида; гравитация пройдет сквозь такие препятствия так же легко, как свет проходит сквозь стекло. Невозможно создать экран, достаточно плотный, чтобы перехватить прохождение этой силы. Следовательно, каждый из этих железных шаров при любых обстоятельствах будет притягивать другой; но, несмотря на их огромные пропорции, интенсивность этого притяжения все еще очень мала, хотя и заметна. Сила притяжения между этими двумя шарами не превышает давления, оказываемого весом в один фунт. Ребенок мог бы удержать один из этих массивных шаров от притяжения другим. Предположим, что все было ясно и что трение можно было бы нейтрализовать настолько, чтобы позволить глобусам следовать импульсу их взаимного притяжения. Затем два шара начнут сближаться, но массы настолько велики, а притяжение настолько мало, что скорость будет увеличиваться очень медленно. Потребуется микроскоп, чтобы показать, когда движение действительно началось. Должно пройти полтора часа, прежде чем расстояние сократится хотя бы на фут; и хотя впоследствии темп улучшается, все же должно пройти три или четыре дня, прежде чем два шара сойдутся вместе.

Здесь следует особо упомянуть о наиболее примечательной характеристике силы тяготения. Интенсивность, по-видимому, зависит только от количества вещества в телах, а вовсе не от природы веществ, из которых эти тела состоят. Мы описали два шара как сделанные из чугуна, но если бы один из них или оба были сделаны из свинца или меди, дерева или камня, воздуха или воды, сила притяжения оставалась бы той же, при условии только, что массы оставались неизменными. В этом мы наблюдаем глубокое различие между притяжением гравитации и магнитным притяжением. В последнем случае притяжение вообще не заметно в подавляющем большинстве веществ и значительно только в случае железа.

В нашем описании солнечной системы мы представили Луну вращающейся вокруг Земли по *почти* круговой траектории, а планеты - вращающимися вокруг Солнца по орбитам, которые также являются приблизительно круговыми. Теперь наш долг дать более подробное описание этих замечательных путей; и вместо того, чтобы отвергать их как *почти* круги, мы должны точно установить, в каких отношениях они отличаются от них.

Если планета вращается вокруг солнца по действительно круговой траектории, в центре которой солнце всегда находится, то тогда очевидно, что расстояние от солнца до планеты, всегда равное радиусу окружности, должно иметь постоянную величину. Теперь не может быть никаких сомнений в том, что расстояние от солнца до каждой планеты приблизительно

постоянно; но когда проводятся точные наблюдения, становится ясно, что это расстояние не совсем так. Различия в расстоянии могут составлять многие миллионы миль, но даже в крайних случаях изменение расстояния до планеты составляет лишь малую долю — обычно очень малую долю — от общей величины этого расстояния. Обстоятельства для каждой из планет различаются. Орбита самой Земли такова, что расстояние от земли до Солнца лишь незначительно отличается от своего среднего значения. Венера еще ближе приближается к идеально круговому движению; в то время как, с другой стороны, траектория Марса и в гораздо большей степени траектория Меркурия демонстрируют значительные относительные колебания расстояния от планеты до Солнца.

Часто замечалось, что многие великие открытия в науке берут свое начало в замечательном наблюдении и объяснении незначительных отклонений от какого-либо закона, приблизительно истинного. В этом отделе астрономии у нас есть превосходная иллюстрация этого принципа. Орбиты планет представляют собой почти круги, но это не совсем круги. Итак, почему это так? Должна быть какая-то естественная причина. Эта причина была установлена, и она привела к нескольким величайшим открытиям, которых когда-либо достиг человеческий разум в сферах Природы.

Во-первых, давайте посмотрим, какие выводы можно сделать из того факта, что расстояние планеты от солнца непостоянно. Движение по кругу настолько красиво и просто, что мы неохотно отказываемся от него, если только необходимость в этом не станет ясно очевидной. Неужели мы не можем придумать какой-нибудь способ, с помощью которого круговое движение могло бы сохраняться и в то же время быть совместимым с колебаниями расстояния от планеты до солнца? Очевидно, что это невозможно, когда солнце находится в центре круга. Но предположим, что солнце не занимало центр, а планета, как и прежде, вращалась вокруг солнца. Расстояние между двумя телами тогда неизбежно колебалось бы. Чем эксцентричнее положение солнца, тем больше будет пропорциональное изменение расстояния до планеты на разных участках ее орбиты. Далее можно было бы предположить, что, описав серию кругов вокруг Солнца, можно было бы учесть различные орбиты планет. Центр круга, принадлежащего Венере, должен очень близко совпадать с центром Солнца, а центры орбит всех других планет должны располагаться на таких подходящих расстояниях от солнца, которые позволят удовлетворительно объяснить постепенное увеличение и уменьшение расстояния между двумя телами.

Не может быть никаких сомнений в том, что движение луны и планет в значительной степени объяснялось бы такой системой круговых орбит; но дух астрономических исследований не удовлетворяется приблизительными результатами. Снова и снова наблюдаются планеты, и снова и снова наблюдения сравниваются с местами, которые заняли бы планеты, если бы они двигались в соответствии с указанной здесь системой. Центры окружностей перемещаются туда-сюда, их радиусы регулируются с большей тщательностью, но все это бесполезно. Наблюдения за планетами тщательно проверяются на предмет того, могут ли они содержать ошибки; но из ошибок вообще нет ни одной, достаточной для объяснения расхождений. Таким образом, вывод неизбежен — астрономы вынуждены отказаться от кругового движения, которое, как считалось, обладает такой непревзойденной симметрией и красотой, и вынуждены признать, что орбиты планет не круговые.

Тогда, если эти орбиты не являются окружностями, что же это такое? Такова была великая проблема, которую Кеплер предложил решить и которую, к своей бессмертной славе, ему удалось решить и продемонстрировать наглядно. Великое открытие истинной формы планетных орбит выделяется как одно из самых заметных событий в истории астрономии.

Фактически, можно усомниться в том, привело ли какое-либо другое открытие во всем диапазоне наук к результатам, представляющим такой далеко идущий интерес.

Здесь мы должны ненадолго погрузиться в область науки, известную как геометрия, и изучить в ней природу той кривой, которая с открытием Кеплера приобрела такое беспрецедентное значение. Предмет, без сомнения, трудный, и рассмотрение его с какими-либо подробностями вовлекло бы нас во множество сложных вычислений, которые были бы неуместны в этом томе; но общий очерк предмета необходим, и мы должны попытаться передать его так точно, как это может быть совместимо с нашими рамками.

Кривая, которая с идеальной точностью отражает движение планеты при ее обращении вокруг Солнца, принадлежит к той хорошо известной группе кривых, которые математики описывают как конические сечения. Особая форма конического сечения, обозначающая орбиту планеты, известна под названием *эллипс*: о нем несколько менее точно говорят как об овале. Эллипс - это кривая, которую можно легко построить. Нет более простого метода для этого, чем тот, который знаком рисовальщикам и который мы здесь кратко опишем.

Мы изображаем на следующей странице (рис. 37) две булавки, проходящие сквозь лист бумаги. Петля из шпагата проходит через две булавки указанным здесь способом и натягивается кончиком карандаша. При небольшой осторожности карандаш можно направлять так, чтобы нитка оставалась натянутой, и тогда его острие полностью опишет кривую вокруг булавок, возвращаясь к точке, с которой оно началось. Таким образом, мы получаем ту знаменитую геометрическую фигуру, которая называется эллипсом.

Будет поучительно нарисовать несколько эллипсов, варьируя в каждом конкретном случае обстоятельства, при которых они образуются. Если, например, булавки останутся расположенными как раньше, а длина петли увеличится, так что карандаш окажется дальше от булавок, то можно будет заметить, что эллипс частично утратил свою удлиненность и больше приближается к окружности. С другой стороны, если уменьшить длину шнура в петле, в то время как булавки останутся прежними, эллипс приобретет более овальную форму или, как сказал бы математик, увеличится его *эксцентриситет*. Также полезно изучить изменения, которым подвергается форма эллипса при замене одной из булавок, в то время как длина петли остается неизменной. Если два штифта поднести ближе друг к другу, эксцентриситет уменьшится, и эллипс будет более приближен к форме круга. Если штифты будут разделены более широко, эксцентриситет эллипса будет увеличен. То, что круг представляет собой крайнюю форму эллипса, станет очевидным, если мы предположим, что две булавки подведены так близко друг к другу, что они совпадают; тогда острие будет просто очерчивать круг по мере движения карандаша по фигуре.

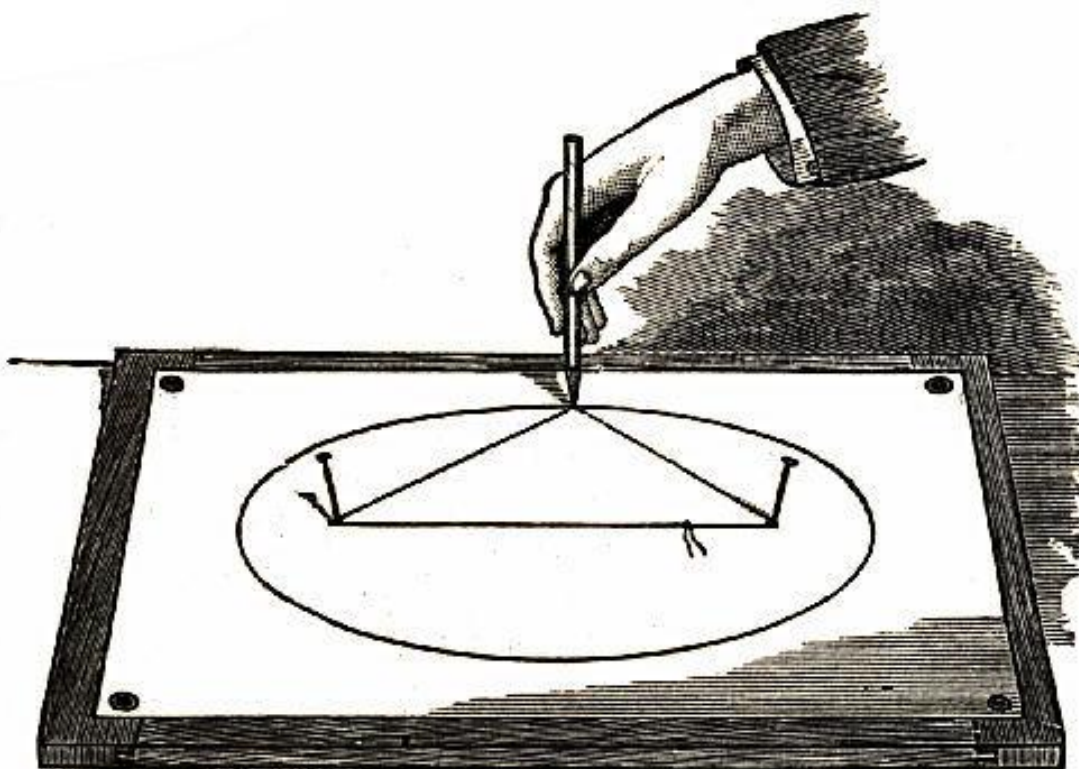


Рис. 37.—

Построение эллипса.

Точки, отмеченные булавками, очевидно, имеют очень замечательные отношения по отношению к кривой. Каждый из них называется *фокусом*, и эллипс может иметь только одну пару фокусов. Другими словами, для двух штифтов возможна только одна пара положений, когда необходимо построить эллипс заданного размера, формы и положения.

Эллипс принципиально отличается от круга тем обстоятельством, что он обладает разнообразной формой. У нас могут быть большие и малые эллипсы точно так же, как у нас могут быть большие и малые круги, но у нас также могут быть эллипсы с большим или меньшим эксцентриситетом. Если эллипсу и не присуща совершенная простота окружности, то в нем, по крайней мере, есть очарование разнообразия, которого нет в окружности. Овальный изгиб также обладает красотой, проистекающей из совершенного изящества очертаний и ассоциации с облагораживающими концепциями.

Древние геометры изучали эллипс: они заметили его фокусы; они были знакомы с его геометрическими соотношениями; и, таким образом, Кеплер был знаком с эллипсом в то время, когда он проводил свои знаменитые исследования движения планет. Как мы уже указывали, он обнаружил, что движение планет невозможно согласовать с круговыми орбитами. Какую форму орбиты следует опробовать в следующий раз? Эллипс был готов, его свойства были известны, и можно было провести сравнение; действительно, запоминающимся было следствие этого сравнения. Кеплер обнаружил, что движение планет можно объяснить, предположив, что траектория, по которой вращается каждая из них, представляет собой эллипс. Это само по себе было открытием первостепенной важности. С одной стороны, он привел в порядок движения больших глобусов, обращающихся вокруг Солнца; в то время как с другой стороны, он использовал тот прекрасный класс кривых,

который использовал геометрические таланты древних, и наделил их достоинством определять магистрали Вселенной.

Но мы пока лишь частично сообщили о первом открытии Кеплера. Мы видели, что планета вращается по эллипсу вокруг солнца, и что солнце, следовательно, находится в какой-то точке внутри эллипса - но в какой точке? Интересным, действительно, является ответ на этот вопрос. Мы указали, что фокусы обладают геометрическим значением, которым не обладают никакие другие точки. Кеплер показал, что солнце должно находиться в одном из фокусов эллипса, по которому вращается каждая планета. Таким образом, мы формулируем первый закон движения планет следующими словами:

Каждая планета вращается вокруг Солнца по эллиптической траектории, имея солнце в одном из фокусов.

Теперь мы можем составить четкое представление об орбитах планет, какими бы многочисленными они ни были, по мере того, как они вращаются вокруг Солнца. Во-первых, мы замечаем, что эллипс представляет собой плоскую кривую; иными словами, каждая планета должна в ходе своего долгого путешествия ограничивать свое движение одной плоскостью. Таким образом, каждой планете присвоен определенный план. Верно, что все эти планы почти совпадают, по крайней мере, в том, что касается больших планет; но все же они различны, и единственная особенность, в которой все они сходятся, заключается в том, что каждая из них проходит через солнце. Все эллиптические орбиты планет имеют один общий фокус, и этот фокус находится в центре солнца.

Хорошо бы проиллюстрировать этот замечательный закон, рассмотрев условия на двух или трех разных планетах. Возьмем сначала случай с землей, траектория которой, хотя и представляет собой на самом деле эллипс, очень близка к круговой. На самом деле, если бы она была нарисована точно в масштабе на листе бумаги, разница между эллиптической орбитой и окружностью вряд ли была бы обнаружена без тщательного измерения. В случае Венеры эллипс еще больше напоминает круг, и два фокуса эллипса очень близко совпадают с центром круга. С другой стороны, в случае Меркурия мы имеем эллипс, который очень заметно отклоняется от окружности, в то время как на орбитах некоторых малых планет эксцентриситет еще больше. Чрезвычайно примечательно, что каждая планета, независимо от того, насколько она удалена от солнца, движется по эллипсу той или иной формы. Сейчас мы покажем, что необходимость вынуждает каждую планету следовать по эллиптической траектории и что никакая другая форма траектории невозможна.

Начав движение по эллиптической траектории, планета продолжает свой величественный курс и через определенный промежуток времени, известный как *периодическое время*, возвращается в положение, из которого была отправлена. Планета снова прокладывает ту же самую эллиптическую траекторию, и таким образом, виток за витком, идентичная траектория проходит вокруг солнца. Давайте теперь попытаемся проследить за телом в его движении и пронаблюдать историю его движения за время, необходимое для завершения одного из его кругов. Размеры планетарной орбиты настолько огромны, что планета должна пройти свой путь очень быстро, чтобы завершить путешествие за отведенное время. Земля, как мы уже видели, должна двигаться со скоростью восемнадцать миль в секунду, чтобы совершить одно из своих обращений вокруг Солнца за 365-1/4 дня. Тогда возникает вопрос о том, является ли скорость, с которой движется планета, равномерной или нет.

Действительно ли земля, например, все время движется со скоростью восемнадцать миль в секунду, или наша планета иногда движется быстрее, а иногда медленнее, так что среднее значение в восемнадцать миль в секунду все еще сохраняется? Это вопрос очень большой

важности, и мы можем ответить на него самым ясным и решительным образом. Скорость планеты *неравномерна*, и изменения этой скорости можно объяснить на примыкающем рисунке (рис. 38).

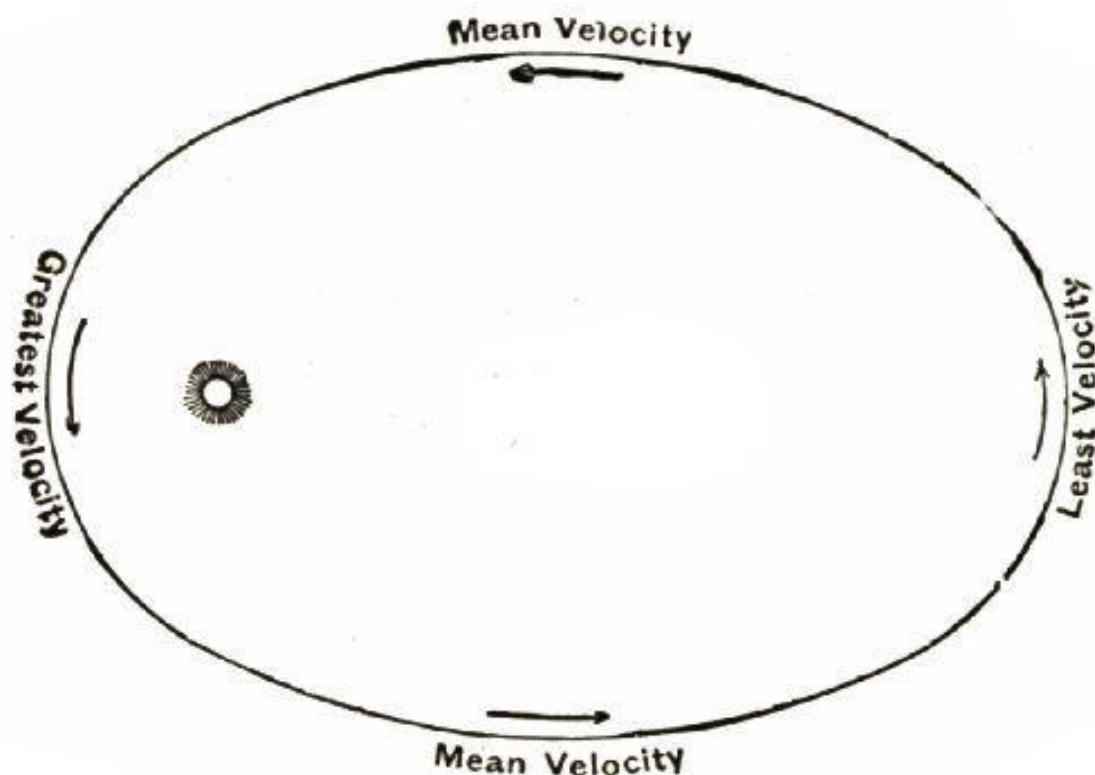


Рис.

38.Изменение скорости эллиптического движения.

Давайте прежде всего представим, что планета расположена на той части своего пути, которая наиболее удалена от солнца справа от рисунка. В этом положении скорость тела самая низкая; по мере того, как планета начинает приближаться к Солнцу, скорость постепенно увеличивается, пока не достигнет своего среднего значения. После того как эта точка пройдена и планета теперь быстро движется к Солнцу, скорость, с которой она движется, постепенно становится все больше и больше, пока, наконец, по мере того, как она обтекает солнце, ее скорость не достигает максимума. После прохождения Солнца расстояние планеты от светила увеличивается, и скорость движения начинает уменьшаться; постепенно оно уменьшается, пока снова не будет достигнуто среднее значение, а затем оно падает еще ниже, пока тело не удалится от солнца на максимальное расстояние, к этому времени скорость уменьшится до значения, с которого мы предполагали ее начало. Таким образом, мы наблюдаем, что чем ближе планета к Солнцу, тем быстрее она движется. Однако мы можем придать численную определенность принципу, в соответствии с которым изменяется скорость планеты. На соседнем рисунке (рис. 39) показана планетная орбита, в фокусе которой, конечно же, находится солнце S. Мы сделали две части, A B и C D, круглыми по эллипсу и соединили их концы с фокусом. Второй закон Кеплера можно сформулировать в этих словах:—

"Каждая планета движется вокруг Солнца с такой скоростью в каждой точке, что прямая, проведенная от нее к солнцу, проходит по равным площадям за равное время."

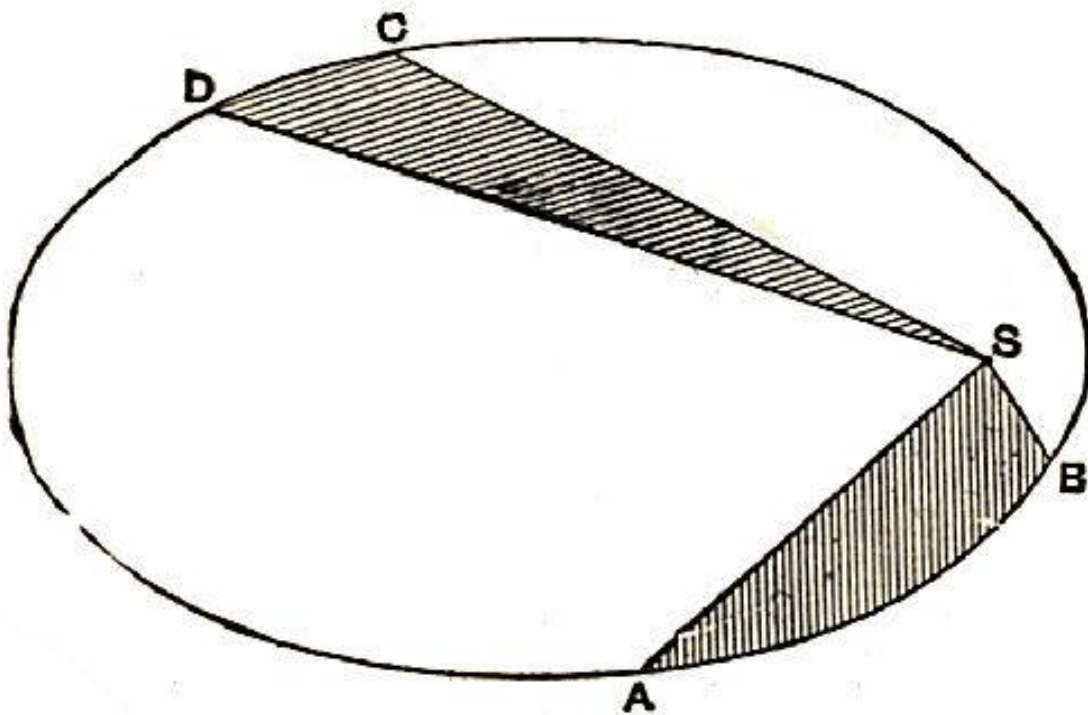


Рис. 39.Равные

площади за одинаковое время.

Например, если две заштрихованные части, ABS и DCS , равны по площади, то время, затраченное планетой на прохождение частей эллипса, AB и CD , равно. Если одна площадь больше другой, то требуемое время пропорционально площади.

Если принять этот закон, то сразу становится очевидной причина увеличения скорости планеты при ее приближении к солнцу. Очевидно, что для достижения определенного участка вблизи солнца необходима большая дуга, чем на других участках траектории. На противоположном конце для большой площади достаточно небольшой дуги, и скорость, соответственно, меньше.

Эти два закона полностью описывают движение планеты вокруг Солнца. Первый определяет путь, по которому движется планета; второй описывает, как изменяется скорость тела в разных точках его пути. Но Кеплер добавил к ним третий закон, который позволяет нам сравнивать движения двух разных планет, вращающихся вокруг одного и того же солнца. Прежде чем изложить этот закон, необходимо точно объяснить, что подразумевается под *средним* расстоянием до планеты. На своем эллиптическом пути расстояние от солнца до планеты постоянно меняется; но, тем не менее, легко придать особое значение этому расстоянию, которое является средним из всех расстояний. Это среднее называется средним расстоянием. Самый простой способ найти среднее расстояние - это прибавить наибольшую из этих величин к наименьшей и взять половину суммы. Мы уже определили периодическое время планеты; это количество дней, которое планете требуется для завершения путешествия по своему пути. Третий закон Кеплера устанавливает связь между средними расстояниями и периодическим временем обращения различных планет. Эта связь выражена следующими словами:—

"Квадраты периодов времени пропорциональны кубам средних расстояний."

Кеплер знал, что у разных планет разное периодическое время; он также видел, что чем больше среднее расстояние от планеты, тем больше ее периодическое время, и он был полон решимости выяснить связь между ними. Было легко обнаружено, что было бы неверно утверждать, что периодическое время просто пропорционально среднему расстоянию. Если бы это было так, то, если бы одна планета находилась на расстоянии в два раза большем, чем другая, периодическое время первой было бы вдвое больше, чем у последней; наблюдения показали, однако, что периодическое время более удаленной планеты превышало вдвое, а на самом деле было почти в три раза, периодическое время другой. Путем многократных испытаний, которые истощили бы терпение человека, менее уверенного в собственной проницательности и в точности наблюдений, которые он пытался интерпретировать, Кеплер, наконец, открыл истинный закон и выразил его в указанной нами форме.

Чтобы проиллюстрировать природу этого закона, возьмем для сравнения землю и планету Венера. Если мы обозначим среднее расстояние Земли от солнца единицей, то среднее расстояние Венеры от солнца равно 0.7233 . Опуская десятичные дроби после первого знака, мы можем представить периодическое время Земли как 365.3 суток, а периодическое время Венеры как 224.7 суток. Итак, закон, который утверждает Кеплер, состоит в том, что квадрат $365 \cdot 3$ относится к квадрату $224 \cdot 7$ в той же пропорции, в какой единица относится к кубу 0.7233 . Читатель может легко убедиться в истинности этого тождества путем фактического умножения. Однако следует помнить, что, поскольку в выражениях периодического времени были сохранены только четыре цифры, только четыре цифры следует считать значимыми при проведении расчетов.

Наиболее поразительным способом проверки будет рассматривать время обращения Венеры как неизвестную величину и выводить его из известного обращения Земли и среднего расстояния до Венеры. Таким образом, предполагая закон Кеплера, мы выводим куб периодического времени с помощью простой пропорции, и тогда можно получить результирующее значение 224.7 дней. На самом деле, при астрономических расчетах расстояния до планет обычно определяются на основе закона Кеплера. Периодическое время планеты - это элемент, который может быть измерен с большой точностью; и как только оно известно, определяется квадрат среднего расстояния и, следовательно, само среднее расстояние.

Таковы три знаменитых закона движения планет, которые всегда ассоциировались с именем их первооткрывателя. Глубокое мастерство, с помощью которого эти законы были выведены из массы наблюдений, внутренняя красота самих законов, их широкая общность и узы союза, которые они установили между различными элементами солнечной системы, обеспечили им совершенно исключительное положение в астрономии.

Как установил Кеплер, эти планетарные законы были всего лишь результатами наблюдений. На самом деле было обнаружено, что планеты действительно движутся по эллипсам, но Кеплер не указал причин, по которым они должны использовать эту кривую, а не какую-либо другую. Еще меньше он был способен объяснить, почему эти тела должны проноситься по равным площадям за равное время или почему этот третий закон неизменно соблюдался. Законы, вышедшие из рук Кеплера, выделялись как три независимых истины; без сомнения, они были полностью установлены, но не подкреплялись никакими аргументами относительно того, почему именно эти движения, а не какие-либо другие, должны соответствовать обращению планет.

Устранение этого эмпирического характера из законов Кеплера стало венцом триумфа великого закона всемирного тяготения. Великое открытие Ньютона объединило три разрозненных закона Кеплера в одну прекрасную доктрину. Он показал не только то, что эти законы истинны, но и то, почему они должны быть истинными и почему никакие другие законы не могли быть истинными. В своем бессмертном труде "Принципы" он убедительно доказал, что объяснение знаменитых планетарных законов следует искать в притяжении. Ньютон установил, что сила притяжения заключена в солнце, и как необходимое следствие этого притяжения каждая планета должна вращаться по эллиптической орбите вокруг солнца, имея солнце в одном фокусе; радиус орбиты планеты должен охватывать равные площади за одинаковое время; и при сравнении движений двух планет было необходимо, чтобы квадраты периодов времени были пропорциональны кубам средних расстояний.

Поскольку это не математический трактат, у нас не будет возможности обсудить доказательства, которые привел Ньютон и которые вызвали немедленное и всеобщее согласие всех, кто взял на себя труд их понять. Здесь мы должны ограничиться лишь очень кратким и общим обзором предмета, который укажет на характер использованных рассуждений, не вводя деталей технического характера.

Давайте, во-первых, попытаемся представить себе земной шар, свободно парящий в пространстве и полностью изолированный от влияния любого другого тела во вселенной. Давайте представим, что этот земной шар приводится в движение каким-то импульсом, который запускает его вперед в быстром путешествии по сферам пространства. Когда импульс прекращается, земной шар приходит в движение и продолжает двигаться вперед. Но каким будет путь, по которому она пойдет? Мы настолько привыкли видеть, как камень, подброшенный в воздух, движется по изогнутой траектории, что мы могли бы естественно подумать, что тело, спроецированное в свободное пространство, также будет двигаться по кривой. Небольшое рассмотрение, однако, покажет, что эти случаи очень разные. В сферах свободного пространства мы не находим представления о движении вверх или вниз; все пути одинаковы; нет причин, по которым тело должно отклоняться вправо или влево; и, следовательно, мы приходим к предположению, что в этих обстоятельствах тело, однажды запущенное и освобожденное от всякого вмешательства, двигалось бы по прямой линии. Верно, что это утверждение никогда не может быть подвергнуто проверке прямым экспериментом. Поскольку мы находимся на поверхности Земли, у нас нет средств изолировать тело от внешних воздействий. Сопротивление воздуха, а также трение в различных других формах, не меньшее, чем притяжение к самой земле, мешают нашим экспериментам. Камень, брошенный по ледяному покрову, будет испытывать лишь незначительное сопротивление, и в этом случае мы видим, что камень полетит прямо по замерзшей поверхности. Камень, подобным образом брошенный в пустое пространство, будет следовать абсолютно прямолинейному курсу. Мы демонстрируем это не с помощью каких-либо попыток эксперимента, которые обязательно были бы тщетными, а с помощью косвенных рассуждений. Тот, кто должным образом взвесил аргументы, приводимые в его пользу, ни на мгновение не может усомниться в истинности этого принципа.

Таким образом, допуская прямолинейность траектории тела, следующий возникающий вопрос касается скорости, с которой совершается это движение. Камень, скользящий по гладкому льду замерзшего озера, как все уже заметили, преодолеет большое расстояние, прежде чем остановится. Трение между льдом и камнем невелико, но все же даже на льду трение не полностью отсутствует; и поскольку это трение всегда имеет тенденцию останавливать движение, камень в конце концов остановится. В путешествии по пустынным просторам космоса тело не испытывает трения; нет тенденции к уменьшению скорости, и,

следовательно, мы считаем, что тело могло бы путешествовать вечно с неизменной скоростью. Несомненно, такое утверждение противоречит нашему обычному опыту. Парусное судно не продвигается по морю, когда ветер стихает. Поезд постепенно теряет скорость, когда выключен подачу пара. Гудящий волчок медленно прекращает свое вращение и останавливается. Исходя из таких примеров, можно было бы правдоподобно утверждать, что, когда сила перестает действовать, движение, порожаемое силой, постепенно ослабевает и, в конечном счете, исчезает. Но во всех этих случаях, поразмыслив, можно обнаружить, что замедление движения следует приписать действию противодействующих сил. Парусное судно тормозится из-за трения воды о его борта; поезд тормозится из-за трения колес и того факта, что ему приходится прокладывать себе путь по воздуху; а атмосферное сопротивление является главным образом причиной остановки жужжащего волчка, поскольку, если удалить воздух, проводя эксперимент в вакууме, волчок будет продолжать вращаться в течение значительно более длительного периода. Таким образом, мы вынуждены признать, что тело, однажды свободно перемещенное в пространстве и не испытывающее никакого внешнего сопротивления, будет вечно продолжать двигаться по прямой и сохранит неизменной до конца времен скорость, с которой оно первоначально стартовало. Этот принцип известен как *первый закон движения*.

Давайте применим этот принцип к важному вопросу о движении планет. Возьмем, к примеру, случай нашей земли, и давайте обсудим следствия из первого закона движения. Мы знаем, что земля движется каждое мгновение со скоростью около восемнадцати миль в секунду, и первый закон движения уверяет нас, что, если бы этот земной шар не подвергался никаким внешним воздействиям, он всегда следовал бы по прямому пути во Вселенной и не отклонялся бы от точной скорости, которой обладает в настоящий момент. Но движется ли земля таким образом? Очевидно, что нет. Мы уже обнаружили, что наш земной шар движется вокруг Солнца, и всеобъемлющие законы Кеплера придали этому движению совершенную отчетливость и точность. Последствие непреодолимо. Земля не может быть свободна от внешней силы. Какое-то мощное влияние на наш земной шар должно находиться в непрерывном действии. Это влияние, каким бы оно ни было, постоянно отклоняет землю от прямолинейного пути, по которому она стремится двигаться, и вынуждает ее описывать эллипс вместо прямой линии.

Теперь легко сформулирована великая проблема, которую необходимо решить. Должен быть какой-то внешний агент, постоянно влияющий на землю. Что это за агент, откуда он исходит и каким законам подчиняется? Этот вопрос не ограничивается землей. Меркурий и Венера, Марс, Юпитер и Сатурн безошибочно показывают, что, поскольку они движутся не по прямолинейным траекториям, они должны подвергаться воздействию какой-то силы. Что это за сила, которая направляет планеты по их траекториям? До Ньютона этот вопрос, возможно, задавали напрасно. Великолепный гений Ньютона дал ответ и, таким образом, произвел революцию во всей современной науке.

Данные, на основе которых должен быть получен ответ на вопрос, должны быть получены из наблюдений. Здесь мы не сталкиваемся с проблемой, которую можно решить простым математическим размышлением. Математика, без сомнения, является полезным, даже незаменимым инструментом в исследовании; но мы не должны приписывать математике силу, которой она не обладает. В случае такого рода все, что может сделать математика, - это интерпретировать результаты, полученные в результате наблюдения. Данными, из которых исходил Ньютон, были наблюдаемые явления в движении Земли и других планет. Эти факты нашли краткое выражение с помощью законов Кеплера. Соответственно, именно законы

Кеплера Ньютон взял за основу своих трудов, и именно для интерпретации законов Кеплера Ньютон обратился к помощи того знаменитого математического рассуждения, которое он создал.

Тогда к вопросу следует подходить следующим образом: поскольку планета подвержена некоторому внешнему влиянию, мы должны определить, что это за влияние, исходя из наших знаний о том, что путь каждой планеты представляет собой эллипс и что каждая планета обращается вокруг солнца по равной площади за одинаковое время. Влияние на каждую планету - это то, что математик называл бы силой, а сила должна иметь линию направления. Наиболее простая концепция силы - это концепция натяжения, передаваемого по веревке, и направление веревки в данном случае является направлением силы. Давайте представим, что сила, действующая на каждую планету, передается невидимой веревкой. Законы Кеплера расскажут нам о направлении этой веревки и интенсивности натяжения, передаваемого по ней.

Математический анализ законов Кеплера выходит за рамки этого тома. Поэтому мы должны ограничиться результатами, к которым они приводят, и опустить детали рассуждений. Ньютон первым вывел закон, утверждавший, что планета перемещается по равным площадям за равное время, и с помощью безупречной логики показал, что это сразу определяет направление, в котором сила действует на планету. Он показал, что воображаемая веревка, с помощью которой управляется планета, должна быть неизменно направлена к солнцу. Другими словами, сила, действующая на каждую планету, всегда была направлена от планеты к солнцу.

Все еще оставалось объяснить интенсивность этой силы и показать, как менялась интенсивность этой силы, когда планета находилась в разных точках своего пути. Первый закон Кеплера позволяет ответить на этот вопрос. Если траектория движения планеты эллиптическая и если сила всегда направлена к солнцу в одном фокусе этого эллипса, то математический анализ обязывает нас сказать, что интенсивность силы должна изменяться обратно пропорционально квадрату расстояния от планеты до солнца.

Таким образом, движения планет в соответствии с законами Кеплера были бы объяснены даже в мельчайших деталях, если бы мы допустили, что сила притяжения притягивает планету к солнцу и что интенсивность этого притяжения изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния. Можем ли мы колебаться, говоря, что такое притяжение действительно существует? Мы видели, как земля притягивает падающее тело; мы видели, как притяжение земли распространяется на Луну и объясняет вращение Луны вокруг земли. Теперь мы узнали, что движение планет вокруг Солнца также может быть объяснено как следствие этого закона притяжения. Но доказательства в поддержку закона всемирного тяготения, по правде говоря, намного сильнее, чем все, что мы до сих пор приводили. У нас будет возможность остановиться на этом вопросе подробнее. Мы покажем не только то, как солнце притягивает планеты, но и то, как планеты притягивают друг друга; и мы обнаружим, как это взаимное притяжение планет привело к замечательным открытиям, которые сделали закон всемирного тяготения таким, что в нем невозможно усомниться.

Допуская существование этого закона, мы можем показать, что планеты должны вращаться вокруг солнца по эллиптическим траекториям с солнцем в общем фокусе. Мы можем показать, что они должны проходить по равным площадям за равное время. Мы можем доказать, что квадраты периодических времен должны быть пропорциональны кубам их средних расстояний. Более того, мы можем показать, как можно объяснить таинственные движения комет. Тем же великим законом мы можем объяснить вращение спутников. Мы

можем объяснить приливы и другие явления по всей Солнечной системе. Наконец, мы покажем, что, когда мы расширяем наш взгляд за пределы нашей Солнечной системы на прекрасные звездные системы, разбросанные в космосе, мы находим даже там свидетельства великого закона всемирного тяготения.

ГЛАВА VI.

ПЛАНЕТА РОМАНТИКИ.

Краткое изложение темы — Является ли Меркурий ближайшей к Солнцу планетой? — Прохождение Внутренней планеты через Солнце — Наблюдалось ли когда — нибудь прохождение Вулкана? — Видимость планет во время полного солнечного затмения — Исследования профессора Уотсона в 1878 году.

Получив общий обзор Солнечной системы и те общие сведения о законе всемирного тяготения, которые были даны нам в предыдущей главе, мы приступаем к более подробному изучению планет и их спутников. Мы начнем с ближайших к солнцу планет, а затем постепенно перейдем к одной планете за другой, пока не достигнем границ системы. Мы найдем многое, что займет наше внимание. Каждая планета сама по себе является шаром, и нам предстоит описать все, что о ней известно. Спутники, сопровождающие столь многие планеты, представляют множество достопримечательностей. Обстоятельства их открытия, их размеры, их движения и расстояния должны быть должным образом учтены. Также будет обнаружено, что движения планет представляют много материала для размышлений и изучения. У нас будет возможность показать, как планеты взаимно воздействуют друг на друга и какие замечательные последствия возникли в результате этих влияний. Мы также должны время от времени обращаться к важным проблемам небесных измерений и небесного взвешивания. Мы должны показать, как следует определять размеры, веса и расстояния между различными элементами нашей системы. К счастью, большая часть нашей задачи приведет нас по совершенно определенной местности, результаты которой были подтверждены частыми наблюдениями. Случается, однако, что в самом начале нашего курса мы вынуждены иметь дело с наблюдениями, которые далеки от достоверности. Компетентный орган подтвердил существование планеты, расположенной гораздо ближе к Солнцу, чем те, которые были известны до сих пор. Вопрос все еще остается нерешенным, но в настоящее время планету найти не удастся. Поэтому мы и назвали предмет этой главы "Планета романтики".

Часто считалось, что Меркурий, долгое время считавшийся ближайшей планетой к солнцу, возможно, на самом деле не был телом, заслуживающим такого отличия. Меркурий обращается вокруг Солнца на среднем расстоянии около 36 000 000 миль. В промежутке между ним и Солнцем могла находиться одна или множество других планет. Одна могла вращаться со скоростью десять миллионов миль, другая - со скоростью пятнадцать и так далее. Но существовали ли такие планеты? Вращалась ли хотя бы одна планета внутри орбиты Меркурия? Были определенные причины верить в существование такой планеты. В движениях Меркурия были заметны признаки влияния, которое, как одно время считалось, могло быть объяснено предположением о существовании внутренней планеты. [13] Но увидеть этот объект было неизбежно очень сложно. Она всегда должна находиться близко к солнцу, и даже в самый лучший телескоп обычно невозможно увидеть звездообразную точку в таком положении. Такую планету нельзя было увидеть и после захода солнца, поскольку

при самых благоприятных условиях она заходила бы почти сразу после захода солнца, и аналогичная трудность сделала бы ее невидимой на восходе.

Таким образом, наши обычные средства наблюдения за планетой полностью вышли из строя. Мы вынуждены прибегнуть к экстраординарным методам, если хотим решить великий вопрос о существовании планет, находящихся внутри Меркурия. Есть по крайней мере две линии наблюдения, которые, как можно было бы ожидать, соответствуют нашей цели.

Возможность для первого возникла бы, когда случилось бы так, что неизвестная планета оказалась бы прямо между землей и солнцем. На диаграмме (рис. 40) мы показываем солнце в центре; внутренний пунктирный круг обозначает орбиту неизвестной планеты, которая получила название Вулкан еще до того, как было удовлетворительно установлено само ее существование. Внешний круг обозначает орбиту Земли. Поскольку Вулкан движется быстрее, чем земля, часто случается, что планета обгоняет землю, так что три тела будут иметь положения, представленные на диаграмме. Из этого, однако, не обязательно следует, что Вулкан находился точно между землей и светилом. Траектория движения планеты может быть наклонена, так что, если смотреть с земли, Вулкан будет находиться над солнцем или под ним, в зависимости от обстоятельств.

Если, однако, Вулкан действительно существует, мы могли бы ожидать, что иногда три небесных тела будут находиться прямо на одной линии, и тогда это дало бы желаемую возможность совершить телескопическое открытие планеты. В таком случае нам следовало бы ожидать наблюдения планеты как темного пятна, медленно движущегося по поверхности солнца. Две другие планеты, находящиеся внутри земли, а именно Меркурий и Венера, время от времени наблюдаются в процессе прохождения; и не может быть сомнений в том, что, если Вулкан существует, его пролеты через солнце должны быть более многочисленными, чем у Меркурия, и гораздо более многочисленными, чем у Венеры. С другой стороны, можно разумно предположить, что Вулкан - небольшой шар, и поскольку во время своего прохождения он будет намного дальше от нас, чем Меркурий, мы не могли ожидать, что прохождение романтической планеты будет вообще сравнимо по зрелищу с прохождением любого из двух других названных нами тел.

Возникает вопрос, обнаруживали ли когда-либо телескопические исследования что-либо, что можно было бы рассматривать как прохождение Вулкана. На этот счет невозможно говорить с какой-либо уверенностью. Наблюдатели неоднократно утверждали, что было замечено пятно, пересекающее Солнце, и, судя по его форме и общему виду, они предположили, что это планета внутри Меркурия. Но тщательное изучение обстоятельств, при которых были сделаны такие наблюдения, не привело к повышению уверенности в этом предположении. Такие открытия обычно делались людьми, мало знакомыми с телескопическими наблюдениями. Безусловно, важным фактом является то, что, несмотря на тщательное изучение солнца в течение прошлого столетия астрономами, специально посвятившими себя этой области исследований, ни один действительно опытный астроном не объявил о телескопическом открытии Вулкана на солнце. Последнее сообщение о том, что планета пересекла солнце, датируется 1876 годом и было сделано немецким любителем, но то, что он принял за планету, как вскоре было показано, было небольшим солнечным пятном, которое было сфотографировано в Гринвиче в ходе повседневной рутинной работы, а также наблюдалось в Мадриде. Исходя из изучения предмета в целом, мы склонны полагать, что на данный момент нет никаких надежных телескопических свидетельств прохождения планеты внутри Меркурия по поверхности центрального светила.

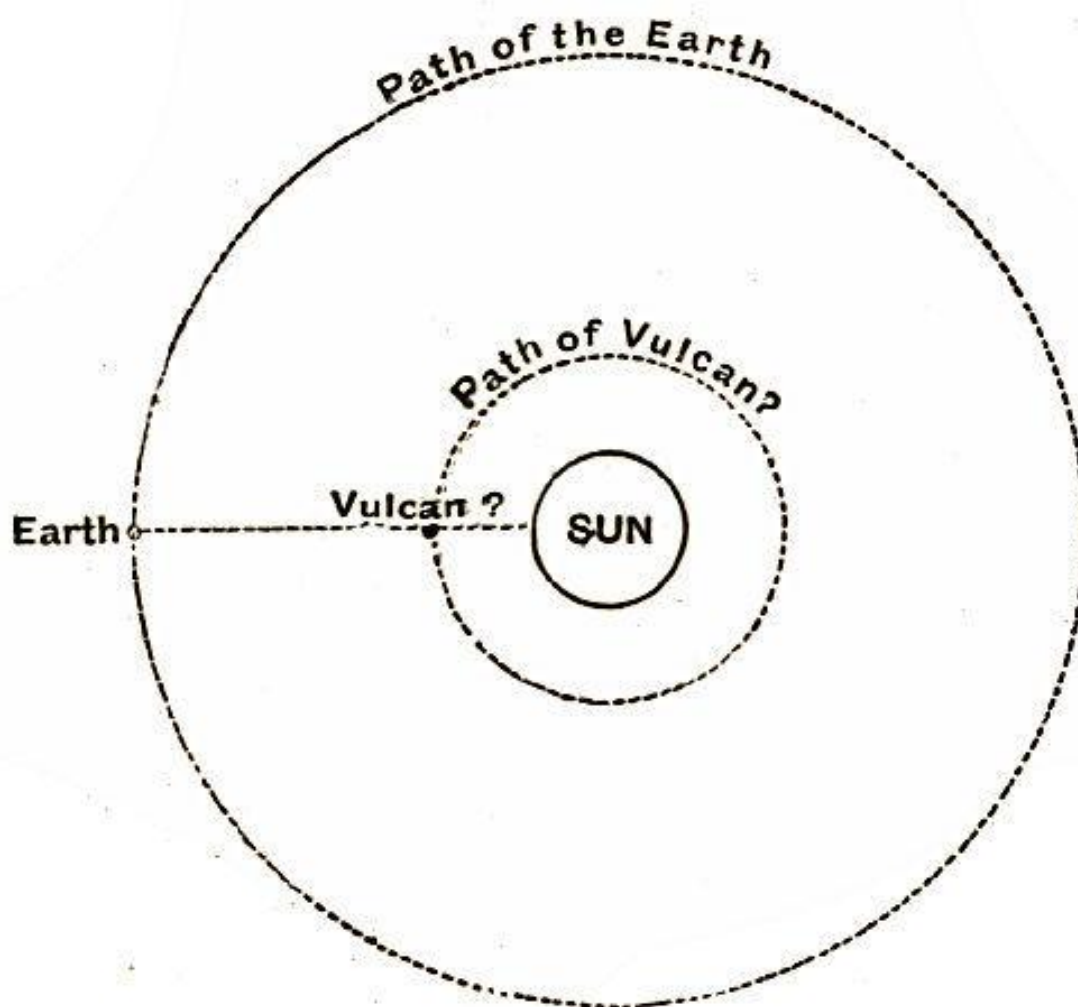


Рис.

40. Прохождение романской планеты.

Но есть еще один метод, с помощью которого мы могли бы обоснованно надеяться обнаружить новые планеты вблизи Солнца. Однако этот метод доступен редко. Это возможно только при полном затмении солнца.

Когда луна находится непосредственно между землей и солнцем, яркость дня временно сменяется мраком ночи. Если небо свободно от облаков, то появляются звезды, и их можно увидеть вокруг затененного солнца. Даже если бы планета находилась довольно близко к светилу, она была бы видна в таком случае, если бы ее величина была сравнима с величиной Меркурия. Когда предполагается провести испытание такого рода, необходима тщательная подготовка. Опасность, которой следует особенно избегать, заключается в том, что планету можно спутать с обычными звездами, на которые она, вероятно, будет похожа. Покойный выдающийся американский астроном профессор Уотсон специально готовился посвятить себя этим исследованиям во время примечательного полного затмения 1878 года. Когда произошло затмение, солнечный свет исчез, и вспыхнули звезды. Среди них профессор Ватсон увидел объект, который показался ему долгожданной планетой внутри Меркурия. Мы должны добавить, что этот ревностный наблюдатель увидел еще один объект, который он сначала принял за звезду, известную как Дзета в созвездии Рака. Когда впоследствии он обнаружил, что зарегистрированное местоположение этого объекта не так хорошо

согласуется, как он ожидал, с известным положением этой звезды, он пришел к выводу, что это не могла быть Дзета, а должна быть какая-то другая неизвестная планета. Относительное положение двух объектов, которые он принял за планеты, однако, достаточно хорошо согласуется, учитывая трудности наблюдения, с относительным положением звезд Тета и Дзета Рака, и теперь вряд ли можно сомневаться, что Уотсон просто видел эти две звезды. Однако он утверждал, что заметил Тэту Рака, а также две планеты, но без записи ее положения. Однако недалеко от того же места есть третья звезда, известная как 20 Cancr, и ее Уотсон, вероятно, ошибочно принял за Тэту. Необходимо отметить, что Вулкан не наблюдался, хотя его специально искали, во время затмений, которые происходили с 1878 года, и, соответственно, среди астрономов распространено мнение, что в пределах орбиты Меркурия еще не была обнаружена ни одна планета.

ГЛАВА VII.

МЕРКУРИЙ.

Древние астрономические открытия—Как был впервые обнаружен Меркурий—Нелегко увидеть—Меркурий был известен с древнейших времен—Навыки, необходимые для открытия—Отличие Меркурия от звезды—Меркурий на Востоке и на Западе—Предсказание—Как наблюдать Меркурий—Его вид в телескоп—Сложность наблюдения за его появлением—Орбита Меркурия—Скорость планеты—Может ли быть жизнь на планете?—Изменения температуры—Прохождение Меркурия над Солнцем—Наблюдения Гассенди—Вращение Меркурия—Вес Ртути.

Долгой и славной является летопись астрономических открытий. Открытия современности следовали одно за другим с такой быстротой, они так часто поражали наше воображение своим блеском, что иногда мы склонны думать, что астрономические открытия - это чисто современный продукт. Но никакая идея не может быть более фундаментально неверной. Хотя мы высоко ценим достижения современности, давайте постараемся отдать должное трудам астрономов древности.

И когда мы говорим об астрономах древности, давайте ясно поймем, что имеется в виду. Наука сейчас развивается так быстро, что каждое столетие становится свидетелем удивительного прогресса; каждое поколение, каждое десятилетие, каждый год по-своему вознаграждают тех прилежных астрономов, которые так тщательно сканируют небеса. Однако мы должны перенести наш взгляд в отдаленную эпоху прошлого, если хотим увидеть памятное открытие Меркурия. По сравнению с этим открытие Ньютона следует рассматривать как очень современные достижения; даже объявление коперниковой системы неба само по себе является недавним событием по сравнению с открытием этой планеты, о которой сейчас пойдет речь.

Кем было сделано это великое открытие? Давайте посмотрим, можно ли ответить на этот вопрос, изучив астрономические записи. В конце своей незабываемой жизни Коперник выразил искреннее сожаление по поводу того, что ему так и не представилась возможность увидеть планету Меркурий. Он особенно страстно желал увидеть это тело, движения которого в такой значительной степени иллюстрировали теорию небесных движений,

создание которой было его бессмертной славой, но ему так и не удалось. Меркурий, как правило, увидеть не так легко, как некоторые другие планеты, и вполне могло случиться так, что пары из огромной лагуны в устье Вислы закрывали горизонт во Фрауэнбурге, где жил Коперник, и, таким образом, возможности увидеть Меркурий у него были, вероятно, даже реже, чем в других местах.

Существование Меркурия, безусловно, было вполне известным фактом во времена Коперника, и поэтому мы должны обратиться к какой-нибудь более ранней эпохе в поисках его открытия. В скудной астрономической литературе средневековья мы находим случайные упоминания о существовании этого объекта. Мы можем проследить наблюдения Меркурия на протяжении отдаленных веков до начала нашей эры. Нет недостатка в записях, относящихся к еще более ранним датам, пока, наконец, мы не наткнемся на наблюдение, которое дошло до нас более чем за 2000 лет и было сделано в 265 году до Рождества Христова. Однако не утверждается, что это наблюдение фиксирует *открытие* планеты. Еще раньше мы находим, что глава астрономов в Ниневии упоминает Меркурий в отчете, который он сделал Ашшурбанипалу, царю Ассирии. Не представляется ни в малейшей степени вероятным, что это открытие даже тогда было недавним. Возможно, планета была независимо открыта в двух или более местах, но все записи о таких открытиях полностью отсутствуют; и мы одинаково ничего не знаем об именах первооткрывателей, о нациях, к которым они принадлежали, и об эпохах, в которые они жили.

Хотя это открытие относится к такой глубокой древности, хотя оно было сделано до того, как появились правильные представления об истинной системе Вселенной, и, нет нужды добавлять, задолго до изобретения телескопа, все же не следует предполагать, что обнаружение Меркурия каким-либо образом было простым или очевидным делом. Это станет очевидным, когда мы попытаемся представить себе, каким образом, вероятно, было сделано это открытие.

Какой-то древний астроном, давно знакомый с небесами, научился распознавать различные звезды и созвездия. Опыт убедил его в постоянстве этих объектов; он видел, что Сириус неизменно появлялся в одно и то же время года, и он заметил, как он был расположен по отношению к Ориону и другим соседним созвездиям. Точно так же каждая из других ярких звезд была для него знакомым объектом, который всегда можно было найти в определенной области неба. Он видел, как звезды восходили и заходили таким образом, что, хотя казалось, что каждая звезда движется, все же взаимное расположение звезд было неспособно измениться. Несомненно, этот древний астроном был знаком с Венерой; он знал вечернюю звезду; он знал утреннюю звезду; и он, возможно, пришел к выводу, что Венера была телом, которое колебалось от одной стороны солнца к другой.

Мы можем легко представить, как было сделано открытие Меркурия при ясном небе над восточной пустыней. Солнце село, короткие сумерки почти прекратились, когда вдруг, о чудо, недалеко от той части горизонта, где отблески заходящего солнца все еще освещают небо, виднеется яркая звезда. Первобытный астроном знает, что в этом месте на небесах нет яркой звезды. Если объект его внимания - не звезда, что же тогда это может быть? Желая изучить этот вопрос, следующей ночью наблюдают за небесами, и там снова, выше над горизонтом и еще более яркий объект, замеченный предыдущей ночью. Каждую последующую ночь тело приобретает все больше и больше блеска, пока, наконец, не станет заметным драгоценным камнем. Возможно, оно будет подниматься все выше и выше; возможно, оно будет увеличиваться, пока не достигнет блеска самой Венеры. Таковы были предположения, не столь уж невероятные, высказанные теми, кто впервые наблюдал этот объект; но они не оправдались. После нескольких ночей исключительного великолепия

блеск этого таинственного шара угасает. Планета снова приближается к горизонту на закате, пока, наконец, не сядет так скоро после захода солнца, что станет невидимой. Неужели она потеряна навсегда? Могут пройти годы, прежде чем появится другая возможность наблюдать объект после захода солнца; но затем снова будет видно, что он претерпевает ту же серию изменений, хотя, возможно, при совсем других обстоятельствах. Наибольшая высота над горизонтом и наибольшая яркость значительно различаются.

Должны были быть проведены длительные и тщательные наблюдения, прежде чем первобытный астроном смог убедиться, что все различные явления могут быть приписаны одному телу. В восточных пустынях восход солнца, должно быть, был почти таким же привычным явлением, как и закат, и в чистом небе, в том месте, где солнечные лучи начинали подниматься над горизонтом, иногда можно было заметить яркую звездообразную точку. Каждый последующий день этот объект поднимался все выше и выше над горизонтом перед восходом солнца, и его блеск увеличивался с расстоянием; затем он снова приближался к солнцу и на много месяцев становился невидимым. Таковы были данные, которые были представлены уму первобытного астронома. Одно тело видели после захода солнца, другое тело видели перед восходом солнца. Нам может показаться очевидным вывод из наблюдаемых фактов о том, что два тела были идентичны. Вывод правильный, но он ни в коем случае не очевиден. Долгое и терпеливое наблюдение установило замечательный закон, согласно которому одно из этих тел никогда не было видно до тех пор, пока другое не исчезло. Отсюда был сделан вывод, что явления, как на восходе, так и на закате, были вызваны одним и тем же телом, которое колебалось взад и вперед вокруг солнца.

Мы можем легко представить, что объявление об идентичности этих двух объектов должно было быть тщательно протестировано, прежде чем оно могло быть принято. Какие тесты следует применять в случае такого рода? Вряд ли можно сомневаться в том, что наиболее полная и убедительная демонстрация научной истины обнаруживается в исполнении предсказания. Когда Меркурий наблюдался в течение многих лет, была замечена определенная закономерность в повторении его видимости. Как только периодичность была полностью установлена, стало возможным предсказание. Время, когда Меркурий будет виден после захода солнца, и время, когда он будет виден перед восходом солнца, можно было предсказать с точностью! Когда было обнаружено, что этим предсказаниям следовали буквально - что планету всегда можно было увидеть, если искать ее в соответствии с предсказаниями, — было невозможно отказаться от согласия с гипотезой, на которой были основаны эти предсказания. В основе этой гипотезы лежало предположение, что все различные явления возникли в результате колебаний одного тела, и, следовательно, открытие Меркурия было основано на такой же прочной основе, как открытие Юпитера или Венеры.

В широтах Британских островов Меркурий обычно можно увидеть некоторое время в течение года. Установить, в разумных пределах, какое-либо общее правило для определения дат, в которые следует производить поиск, практически невозможно; но студент, твердо решивший увидеть планету, как правило, добьется успеха, проявив немного терпения. Сначала он должен обратиться к календарю, в котором указаны положения тела, и выбрать случай, когда Меркурий считается вечерней или утренней звездой. Такой случай в весенние месяцы особенно подходит, поскольку высота Меркурия над горизонтом в это время обычно выше, чем в другие сезоны; а в вечерних сумерках, примерно через три четверти часа после захода солнца, вид этого скромного, но красивого объекта вознаградит внимание наблюдателя.

Для тех астрономов, которые снабжены экваториальными телескопами, такие инструкции излишни. Чтобы насладиться телескопическим видом Меркурия, мы сначала обратимся к Морскому альманаху и найдем положение, в котором находится планета. Если она окажется над горизонтом, мы можем сразу же направить телескоп на это место, и даже среди бела дня планету будет очень часто видно. Однако вид Меркурия в телескоп разочаровывает. Хотя он намного больше Луны, все же он достаточно далеко, чтобы казаться незначительным. Однако есть одна особенность в виде этой планеты, которая сразу же привлекла бы внимание. Меркурий обычно наблюдается не в виде круглого объекта, а в форме более или менее полумесяца, похожего на миниатюрную луну. Фазы планеты также должны учитываться по тем же принципам, что и фазы Луны. Меркурий - это шар, состоящий, как и наша земля, из материалов, которые сами по себе не являются источником освещения. Одно полушарие планеты обязательно должно быть повернуто к солнцу, и эта сторона, соответственно, ярко освещена солнечными лучами. Когда мы смотрим на Меркурий, мы ничего не видим с неосвещенной стороны, а полумесяц появляется из-за укороченного вида освещенной части, который мы получаем. Планета - такой маленький объект, что при взгляде невооруженным глазом невозможно определить форму светящегося тела. Действительно, даже в гораздо большем полумесяце Венеры необходимо прибегнуть к помощи телескопа, прежде чем можно будет разглядеть характерную форму. Однако, помимо того факта, что Меркурий имеет форму полумесяца и что он претерпевает различные фазы в соответствии с изменениями своего положения относительно земли и солнца, мы не можем увидеть большую часть планеты. Он слишком мал и слишком ярк, чтобы можно было легко выделить детали на его поверхности. Несомненно, предпринимались попытки и были зарегистрированы наблюдения за определенными очень слабыми и расплывчатыми отметинами на планете, но к таким заявлениям следует относиться с большими сомнениями.

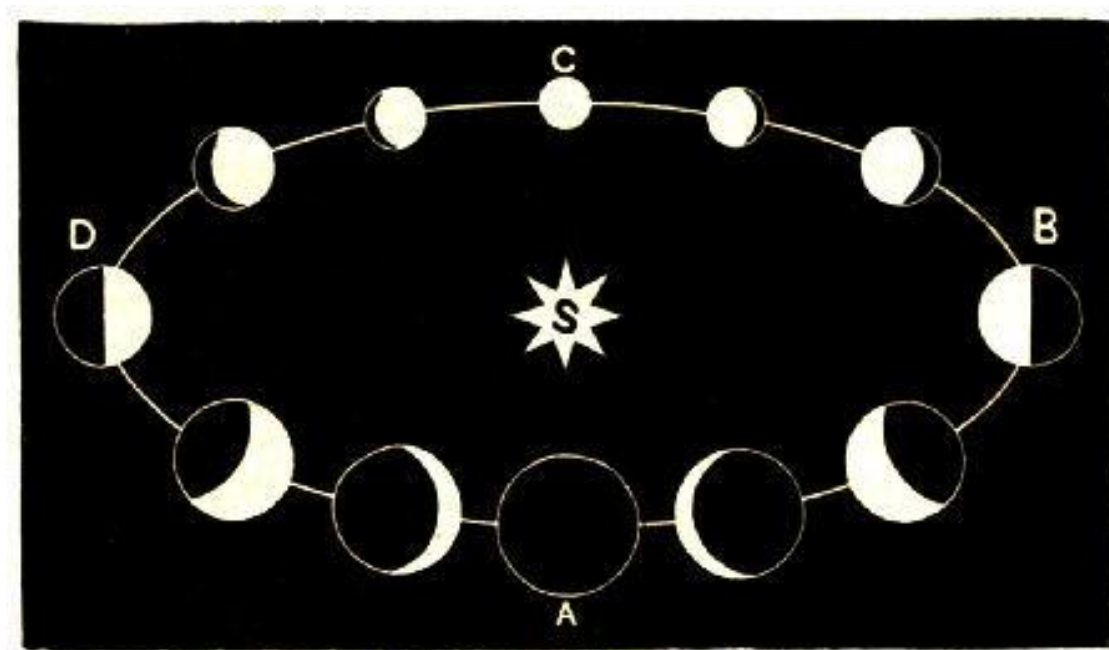


Рис. 41.

Движение ртути, показывающее изменения фазы и видимого размера.

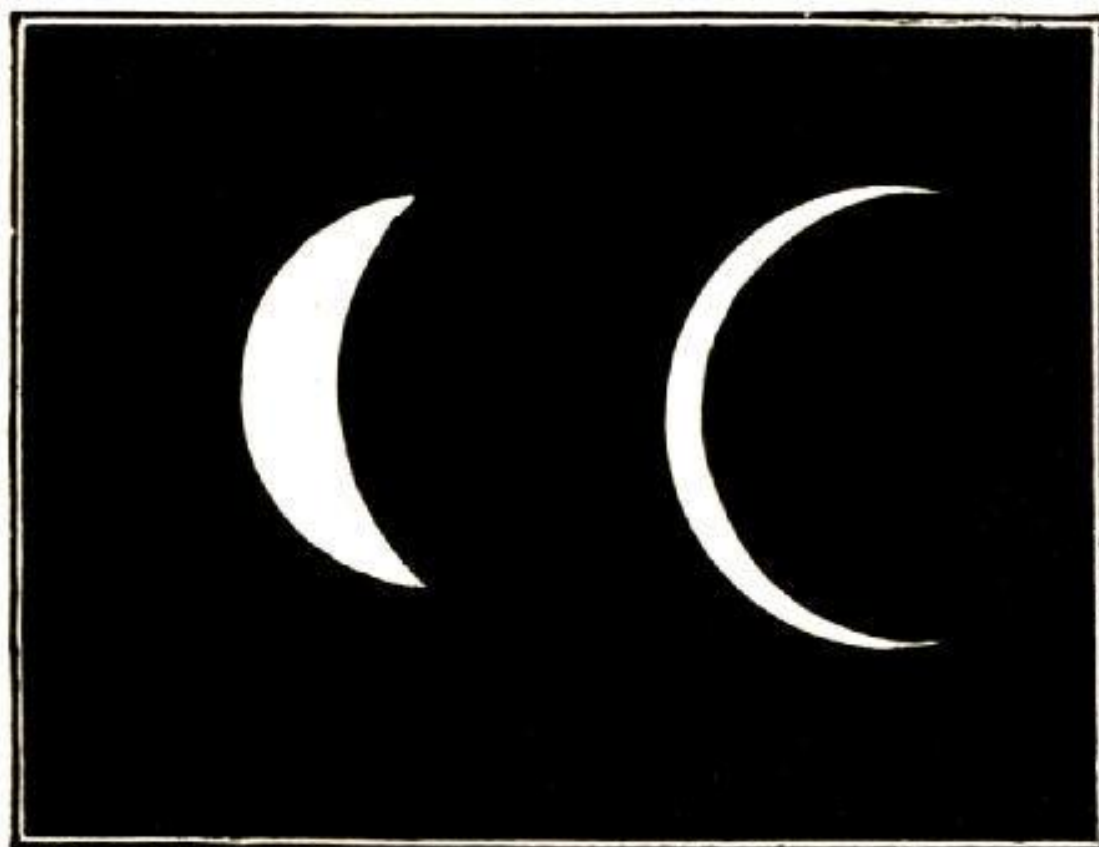


Рис.

42.меркурий в виде полумесяца.

Факты, которые были тщательно установлены в отношении Меркурия, в основном представляют собой числовые утверждения относительно пути, который он описывает вокруг Солнца. Время, необходимое планете для завершения одного из своих оборотов, составляет почти восемьдесят восемь дней. Среднее расстояние от солнца составляет около 36 000 000 миль, а средняя скорость, с которой движется тело, превышает двадцать девять миль в секунду. Мы уже упоминали о наиболее характерной и примечательной особенности орбиты Меркурия. Эта орбита отличается от траекторий всех других крупных планет гораздо большим отклонением от круглой формы. В большинстве случаев орбиты планет настолько малоэллиптически, что диаграмма орбиты, нарисованная точно в масштабе, не будет восприниматься как отличающаяся от окружности, если не будут проведены тщательные измерения. В случае Меркурия обстоятельства иные. Эллиптическую форму траектории безошибочно определил бы самый случайный наблюдатель. Расстояние от солнца до планеты колеблется в очень значительных пределах. Наименьшее значение, которого она может достичь, составляет около 30 000 000 миль; наибольшее значение составляет около 43 000 000 миль. В соответствии со вторым законом Кеплера скорость планеты должна претерпевать соответствующие изменения. Он должен быстро огибать ту часть его пути, которая ближе к солнцу, и более медленно огибать отдаленные участки его пути. Наибольшая скорость составляет около тридцати пяти миль в секунду, а наименьшая - двадцать три мили в секунду.

Для адекватного представления о движении Меркурия мы не должны отделять скорость от истинных размеров тела, с помощью которого оно совершается. Несомненно, скорость в двадцать девять миль в секунду огромна по сравнению со скоростями, с которыми мы знакомы в повседневной жизни. Скорость планеты не менее чем в сто раз превышает скорость винтовочной пули. Но когда мы сравниваем размеры тел с их скоростями, скорость ртути кажется относительно намного меньшей, чем у пули. Винтовочная пуля преодолевает

расстояние, равное ее собственному диаметру, много тысяч раз за секунду. Но даже при том, что Меркурий движется намного быстрее, все же размеры планеты настолько значительны, что за период в две минуты ей потребуется преодолеть расстояние, равное ее диаметру. Рассматривая глобус планеты в целом, скорость его движения - это всего лишь величественный прогресс, соответствующий его размерам.

Поскольку мы почти ничего не можем узнать об истинной поверхности Меркурия, для нас совершенно невозможно сказать, может ли жизнь существовать на поверхности этой планеты. Однако мы можем обоснованно заключить, что на Меркурии не может быть жизни, ни в каком отношении аналогичной той, которую мы знаем на земле. Солнечное тепло и свет солнца обрушиваются на Меркурий с интенсивностью, во много раз превышающей ту, которую испытываем мы. Когда эта планета находится на предельном расстоянии от солнца, интенсивность солнечного излучения даже в этом случае более чем в четыре раза превышает самую высокую температуру, которая когда-либо достигала земли. Но когда Меркурий, в ходе своих заметных изменений расстояния, приближается к самой теплой части своей орбиты, он подвергается ужасающему обжигу. Таким образом, интенсивность солнечного тепла должна быть не менее чем в девять раз больше, чем наибольшее излучение, которому мы подвергаемся.

Эти грандиозные климатические изменения сменяют друг друга гораздо быстрее, чем смена времен года в нашей стране. На Меркурии интервал между серединой лета и серединой зимы составляет всего сорок четыре дня, в то время как весь год длится всего восемьдесят восемь дней. Такие быстрые колебания солнечной температуры сами по себе должны оказывать глубокое влияние на обитаемость Меркурия. М-р Леджер хорошо отмечает в своей интересной работе, [14] что, если на Меркурии есть обитатели, понятия "перигелий" и "афелий", которые здесь часто рассматриваются как выражающие идеи сложного или малопонятного характера, должны быть знакомы каждому на поверхности этой планеты. Эти слова подразумевают "вблизи солнца" и "вдали от солнца", но мы не связываем эти выражения с какими-либо очевидными явлениями, потому что изменения расстояния земли от солнца незначительны. Но на Меркурии, где за шесть недель солнце достигает более чем двукратных видимых размеров и дает более чем двукратное количество света и тепла, такие изменения, которые обозначаются перигелием и афелием, воплощают идеи, очевидно и тесно связанные со всей экономикой планеты.

Тем не менее, было бы опрометчиво делать какие-либо выводы о климате только на основании близости или удаленности солнца. Климат зависит от других факторов, помимо расстояния до солнца. Атмосфера, окружающая землю, оказывает глубокое влияние на температуру и холод, и если на Меркурии есть атмосфера, как часто предполагалось, то его климат может быть таким образом изменен в любой необходимой степени. Представляется, однако, едва ли возможным предположить, что какая-либо атмосфера могла бы служить адекватной защитой для жителей от резких и быстрых колебаний солнечной радиации. Все, что мы можем сказать, это то, что проблема жизни на Меркурии относится к классу неразгаданных и, возможно, неразрешимых загадок.

Именно в 1629 году Кеплер сделал важное заявление относительно надвигающихся астрономических событий. Он глубоко изучал движение планет и, изучая прошлое, отважился предсказать будущее. Кеплер объявил, что в 1631 году планеты Венера и Меркурий совершат проход через Солнце, и назначил даты 7 ноября для Меркурия и 6 декабря для Венеры. В то время это было очень замечательное предсказание. Мы так привыкли обращаться к нашим календарям и узнавать из них обо всех астрономических явлениях, которые ожидаются в течение года, что склонны забывать, что в прежние времена

это было невозможно. Лишь постепенно астрономия стала настолько совершенной, что позволила нам с точностью предсказывать возникновение более тонких явлений. Предсказание этих транзитов, сделанное Кеплером за несколько лет до того, как они произошли, справедливо считалось в то время самым замечательным достижением.

Знаменитый Гассенди приготовился применить проверку фактическими наблюдениями к заявлениям Кеплера. Теперь мы можем точно определить время прохождения с точностью до нескольких минут, но в тех ранних попытках равная точность была невозможна. Гассенди считал необходимым начать наблюдение за прохождением Меркурия на целых два дня раньше времени, указанного Кеплером, и он разработал остроумный план проведения своих наблюдений. Солнечный свет проникал в затемненную комнату через отверстие в ставне, и изображение солнца формировалось линзой на белом экране. Это действительно замечательный и очень приятный способ изучения поверхности Солнца, и даже в наши дни с помощью наших лучших телескопов один из методов наблюдения за нашим светилом основан на том же принципе.

Гассенди приступил к своим наблюдениям 5 ноября и тщательно изучал изображение солнца при каждой доступной возможности. Однако фактически прохождение Меркурия началось только через пять часов после времени, назначенного Кеплером. Приготовления Гассенди проводились с использованием всех ресурсов, которыми он мог располагать, но эти ресурсы кажутся очень несовершенными по сравнению с оборудованием наших современных обсерваторий. Ему не терпелось засечь время появления планеты, и с этой целью он разместил в нижней комнате ассистента, который должен был наблюдать за высотой солнца в момент, указанный Гассенди. Сигнал ассистенту должен был подаваться с помощью очень примитивного устройства. Гассенди должен был наступить на пол, когда наступит критический момент. Несмотря на длительную задержку, которая истощила терпение ассистента, были получены некоторые ценные наблюдения, и таким образом было зафиксировано первое прохождение планеты через Солнце.

Транзиты Меркурия не являются редкими явлениями (в девятнадцатом веке их было тринадцать), и они важны главным образом из-за точности, которую их наблюдение привносит в наши расчеты движений планеты. Часто высказывалась надежда, что возможности, предоставляемые транзитом, позволят получить информацию о физическом характере глобуса Меркурия, но эти надежды не оправдались.

Спектроскопические наблюдения Меркурия весьма скудны. Они, по-видимому, указывают на то, что водяной пар, вероятно, является составной частью атмосферы Меркурия, как и нашей собственной.

Выдающийся итальянский астроном, профессор Скиапарелли, несколько лет назад объявил о замечательном открытии, касающемся вращения планеты Меркурий. Он обнаружил, что планета вращается вокруг своей оси за тот же период, что и вокруг Солнца. Практическим следствием совпадения этих двух периодов является то, что Меркурий всегда обращен к солнцу одной и той же стороной. Если бы наша земля вращалась подобным образом, то в полушарии, обращенном к солнцу, царил бы вечный день, в то время как противоположное полушарие было бы погружено в вечную ночь. Согласно этому открытию, Меркурий вращается вокруг солнца точно так же, как Луна вращается вокруг земли. Поскольку скорость, с которой Меркурий обращается вокруг Солнца, очень изменчива из-за высокоэллиптической формы его орбиты, в то время как вращение вокруг своей оси осуществляется с одинаковой скоростью, из этого следует, что в течение меркурианского

года солнечным светом в большей или меньшей степени освещается не одно полушарие (около пяти восьмых поверхности).

Это важное открытие Скиапарелли недавно было подтверждено американским астрономом мистером Лоуэллом из Аризоны, США, который наблюдал планету при очень благоприятных условиях с помощью рефрактора с апертурой двадцать четыре дюйма. Он обнаружил на глобусе Меркурия определенные узкие темные линии, очень медленное смещение которых указывает на период вращения вокруг своей оси, в точности совпадающий с периодом обращения вокруг Солнца. Тот же наблюдатель показывает, что ось вращения Меркурия перпендикулярна плоскости орбиты. Мистер Лоуэлл не заметил никаких признаков облаков или затемнений, да и вообще никаких признаков какой-либо атмосферной оболочки; поверхность Меркурия бесцветна, "география, выполненная черным по белому".

Мы можем утверждать, что существует большая *априорная* вероятность в пользу реальности открытия Скиапарелли. Меркурий, будучи одной из планет, лишенных луны, будет находиться исключительно под влиянием солнца в том, что касается приливных явлений. Кроме того, из-за близости Меркурия к солнцу солнечные приливы на этой планете обладают особой силой. Поскольку тенденция приливов заключается в том, чтобы Меркурий постоянно находился лицом к солнцу, не нужно сомневаться, принимая свидетельство о том, что приливы привели именно к тому результату, который, как мы знаем, они были способны достичь.

Здесь мы прощаемся с планетой Меркурий — интересным и красивым объектом, который стимулирует наше интеллектуальное любопытство, но в то же время ускользает от наших попыток познакомиться поближе. Однако есть один момент достижимого знания, о котором мы должны упомянуть в заключение. Взвесить Меркурий на небесных весах и определить его массу в сравнении с другими глобусами нашей системы - трудная, но ни в коем случае не невыполнимая задача. Это тонкая операция, но она ведет нас по некоторым из самых интересных путей астрономических открытий. Вес планеты, как недавно определил Фон Астен, составляет примерно одну двадцать четвертую часть веса Земли, но результат более неопределенный, чем при определении массы любой другой более крупной планеты.

ГЛАВА VIII.

ВЕНЕРА.

Интерес, связанный с этой Планетой—Неожиданность ее появления—Вечерняя Звезда—Видимость при дневном свете—Освещается только Солнцем—Фазы Венеры—Почему Полумесяц не виден невооруженным глазом—Различия в видимых размерах Планеты—Вращение Венеры—Сходство Венеры с Землей—Транзит Венеры—Почему такой особый интерес—Масштаб Солнечной системы—Орбиты Земли и Венеры не в одной плоскости—Повторяемость транзитов парами—Появление Венеры в пути—Транзиты 1874 и 1882 годов—Движение Венеры по орбите. Ранние транзиты 1631 и 1639 годов—Наблюдения Хоррокса и Крэбтри—Объявление Галлея—Чем отличается траектория Планеты в разных местах—Иллюстрации параллакса—Путешествие в Отахейт—Результат Энке—Вероятное значение

расстояния до Солнца—Наблюдения в Дансинке последнего прохождения Венеры—Вопрос об атмосфере на Венере—Другие определения расстояния до Солнца—Статистика о Венере.

Возможно, по одной из причин было бы вполне уместно начать наш обзор планетной системы с описания планеты Венера. Это тело не особенно примечательно своими размерами, поскольку существуют другие планеты в сотни раз больших размеров. Орбита Венеры, без сомнения, больше орбиты Меркурия, но она намного меньше орбиты внешних планет. У Венеры нет даже великолепной свиты младших сопровождающих, которая придает такое достоинство и такой интерес могущественным планетам нашей системы. И все же факт остается фактом: Венера не имеет себе равных среди планетарного воинства. Сейчас мы говорим не о небесных телах, видимых только в телескоп; мы имеем в виду обычные наблюдения, которые обнаружили Венеру за много веков до изобретения телескопов.

Кто не был восхищен видом этого великолепного объекта? Его нельзя увидеть постоянно. Месяцами вечерняя звезда скрыта от взора смертных. Его красота даже усиливается капризом и неуверенностью, которые сопровождают его внешний вид. Мы не говорим, что в движениях Венеры есть какой-либо каприз, известный тем, кто усердно сверяется со своими календарями. Движения прекрасной планеты описаны там с прозаическими деталями, которые вряд ли гармонируют с характером, обычно приписываемым Богине Любви. Но для тех, кто не уделяет особого внимания звездам, сама неожиданность ее появления является одной из величайших ее прелестей. Венеру не замечали, о ней не думали в течение многих месяцев. Прекрасный ясный вечер; солнце только что село. Любитель природы поворачивается, чтобы полюбоваться закатом, как это делает каждый любитель природы. В золотом великолепии запада сверкает прекрасный драгоценный камень; это вечерняя звезда - планета Венера. Несколько недель спустя можно увидеть еще один прекрасный закат, и теперь планета больше не является точкой внизу в западном зареве; она поднялась высоко над горизонтом и остается блестящим объектом еще долго после того, как опустились ночные тени. Снова, чуть позже, и Венера обрела свой полный блеск. Все небесное воинство — даже Сириус и даже Юпитер — должно побледнеть перед великолепным сиянием Венеры, непревзойденной царицы небесного свода.

После нескольких недель великолепия высота Венеры на закате уменьшается, и ее блеск начинает постепенно угасать. Она становится невидимой и забывается подавляющим большинством человечества; но капризная богиня всего лишь переместилась с одного края неба на другой. Перед восходом солнца на востоке будет видна утренняя звезда. Ее великолепие постепенно увеличивается, пока не сравняется по красоте с вечерней звездой. Затем планета снова приближается к Солнцу и остается невидимой в течение многих месяцев, пока тот же цикл изменений не возобновится с интервалом в год и семь месяцев.

Когда Венера наиболее яркая, ее можно легко увидеть среди бела дня невооруженным глазом. Это поразительное зрелище безошибочно свидетельствует о непревзойденном превосходстве этой планеты по сравнению с другими планетами и неподвижными звездами. Действительно, в это время Венера от сорока до шестидесяти раз ярче любого звездного объекта на северном небе.

Красивая вечерняя звезда часто является настолько заметным объектом, что поначалу может показаться трудным осознать, что это тело не самосветящееся. И все же невозможно сомневаться в том, что планета на самом деле представляет собой всего лишь темный шар и до такой степени напоминает нашу собственную землю. Яркость планеты не намного больше, чем у земли в солнечный день. Великолепие Венеры полностью проистекает из отраженного света солнца, как уже объяснялось относительно Луны.

Мы не можем различить характерную форму полумесяца планеты невооруженным глазом, который просто показывает блестящую точку, слишком маленькую, чтобы обладать ощутимой формой. Это объясняется физиологическими причинами. Оптические устройства в глазу формируют изображение планеты на сетчатке, которое обязательно очень маленькое. Даже когда Венера находится ближе всего к земле, диаметр планеты составляет угол, ненамного превышающий одну минуту дуги. Таким образом, на тонкой мембране нарисовано изображение Венеры диаметром примерно в одну шеститысячную часть дюйма. Какой бы тонкой ни была сетчатка, ее недостаточно для восприятия формы на столь мелком изображении. Нервная структура, которая была описана как источник зрения, образует слишком грубый холст для восприятия деталей этой крошечной картины. Следовательно, невооруженному глазу сверкающая Венера кажется просто ярким пятном. Обычное зрение не может определить, какую форму он имеет; еще меньше оно может раскрыть истинную красоту полумесяца.

Если бы диаметр Венеры был в несколько раз больше, чем он есть на самом деле; если бы это тело, например, было таким же большим, как Юпитер или некоторые другие крупные планеты, тогда его полумесяц можно было бы легко различить невооруженным глазом. Любопытно порассуждать о том, какой могла бы быть история астрономии, если бы Венера была такой же большой, как Юпитер. Если бы каждый мог увидеть форму полумесяца без телескопа, то стало бы элементарной и почти очевидной истиной, что Венера должна быть темным телом, вращающимся вокруг солнца. Аналогия между Венерой и нашей землей была бы сразу замечена; и доктрина, которую Копернику предстояло открыть в сравнительно новое время, вполне могла быть передана нам вместе с другими открытиями, пришедшими от древних народов Востока.

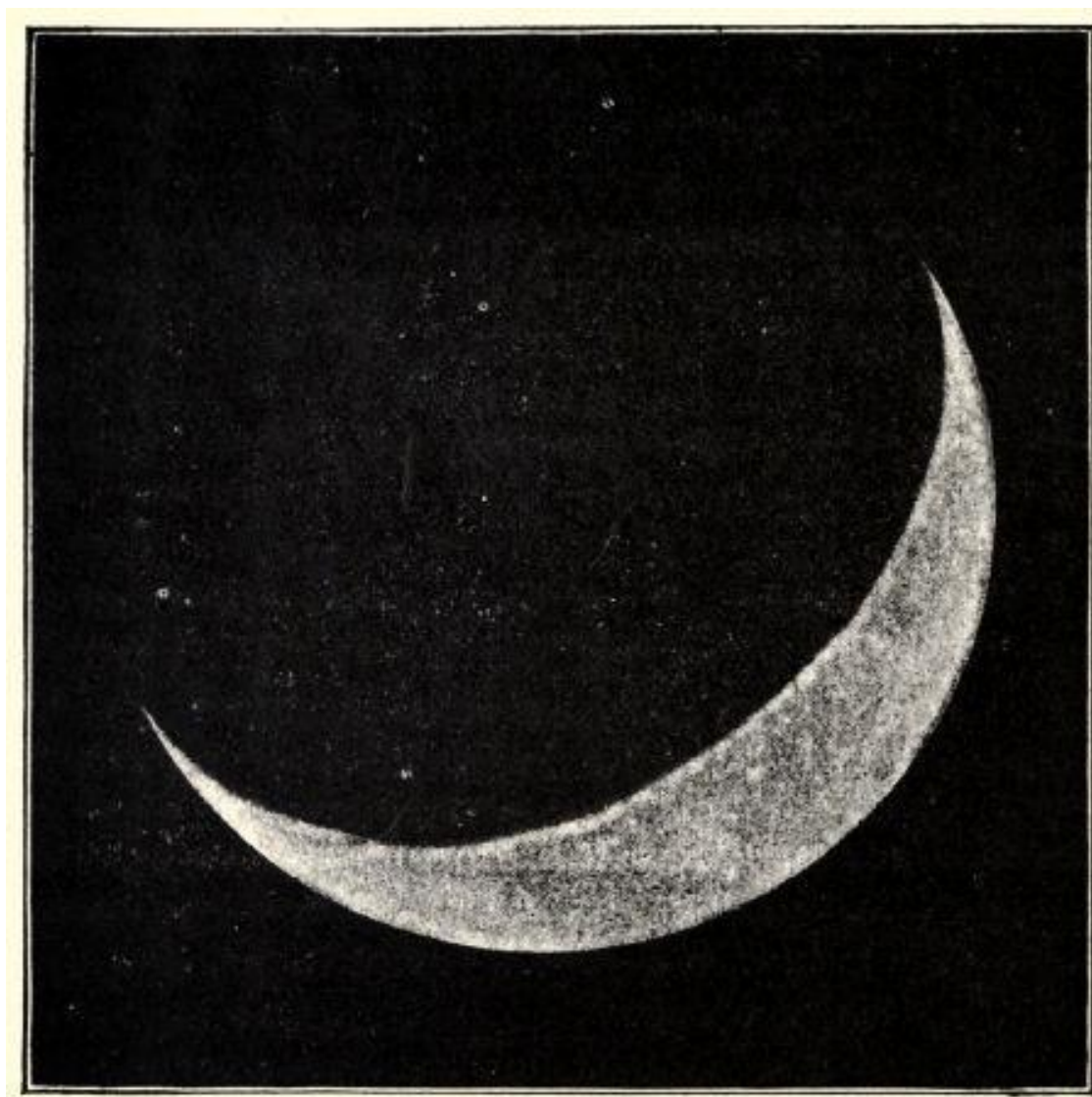


Рис. 43.

Венера, 29 мая 1889 г.

Возможно, самый совершенный рисунок Венеры, который был получен до сих пор, сделан (рис. 43) профессором Э.Э. Барнардом 29 мая 1889 г. с 12-дюймовым экваториалом в обсерватории Лик, который, как установил профессор Барнард, для этой цели и в данном случае превосходит 36-дюймовый. Изображенные знаки, по-видимому, несомненно существуют на планете, и в 1897 году профессор Барнард пишет: "Обстоятельства, при которых был сделан этот рисунок, запомнились мне, поскольку впоследствии у меня никогда не было таких идеальных условий для наблюдения за Венерой".

На рис. 44 мы показываем три вида Венеры в разных аспектах. Планета настолько ближе к земле, когда виден полумесяц, что он кажется частью гораздо большего круга, чем тот, который образует Венера, когда она почти полная. На этом рисунке показаны различные стороны земного шара в их истинных относительных пропорциях. Очень трудно отчетливо различить какие-либо обозначения на ярко освещенной поверхности. Иногда наблюдатели видели пятна или другие особенности, а иногда заостренные концы рогов были неправильной формы, как бы показывая, что поверхность Венеры не гладкая. Некоторые наблюдатели сообщают, что видели белые пятна на полюсах Венеры, в некоторой степени напоминающие более заметные черты того же характера, которые можно увидеть на Марсе.

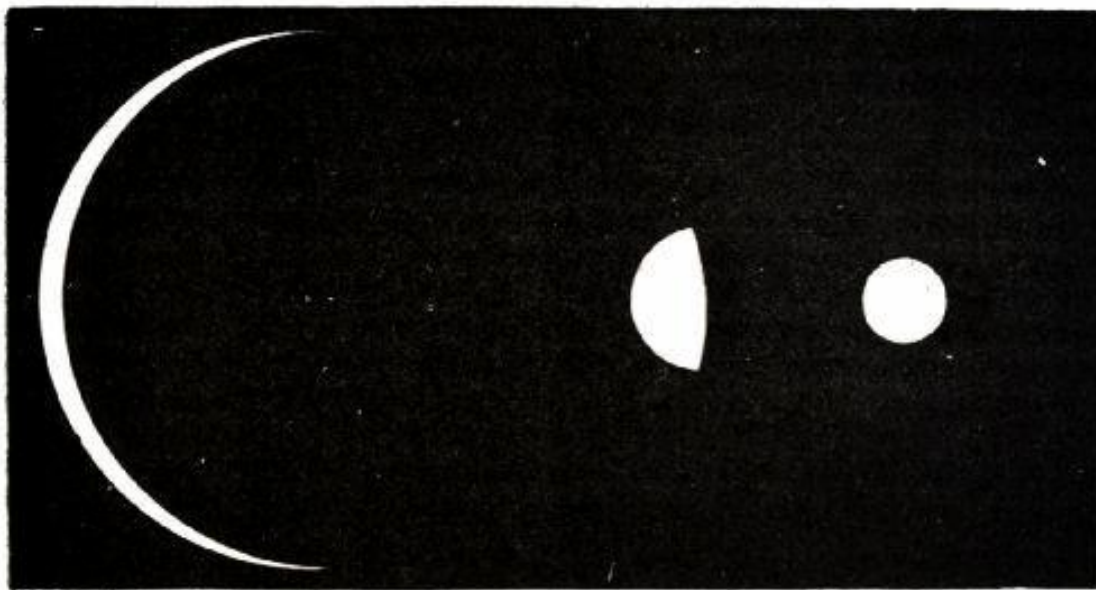


Рис. 44.

Различные аспекты Венеры в телескоп.

Поскольку на Венере очень трудно разглядеть какие-либо отметины, мы вряд ли пока можем дать однозначный ответ на важный вопрос о периоде вращения этой планеты вокруг своей оси. Различные наблюдатели за последние двести лет на основании весьма недостаточных данных пришли к выводу, что Венера совершает оборот примерно за двадцать три часа. Скиапарелли из Милана обратил свое внимание на эту планету в 1877 году и заметил темный оттенок и два ярких пятна, расположенных недалеко от южной оконечности полумесяца. Этот самый кропотливый астроном наблюдал за этими отметинами в течение трех месяцев и обнаружил, что в их положении не произошло заметных изменений. Это было особенно верно, когда он продолжал свои наблюдения в течение нескольких часов подряд. Этот факт, казалось, убедительно показывал, что Венера не могла вращаться за двадцать три часа или за какой-либо другой короткий период. Неделя за неделей пятна оставались неизменными, пока Скиапарелли не убедился, что его наблюдения можно согласовать только с периодом ротации между шестью и девятью месяцами. Он, естественно, пришел к выводу, что этот период составлял 225 дней, то есть период, за который Венера совершает один оборот вокруг Солнца; другими словами, Венера всегда обращена к Солнцу одним и тем же лицом.

Этот замечательный результат был подтвержден наблюдениями, сделанными в Ницце; но он подвергся энергичной критике со стороны нескольких наблюдателей, которые утверждают, что их собственные рисунки могут соответствовать периоду, примерно равному периоду вращения нашей собственной земли. Результат Скиапарелли, однако, хорошо подтверждается письмами мистера Лоуэлла. Он опубликовал ряд рисунков Венеры, сделанных с помощью его 24-дюймового рефрактора, и обнаружил, что вращение происходит одновременно с обращением планеты по орбите, причем ось вращения перпендикулярна плоскости орбиты. Отметины, замеченные мистером Лоуэллом, были длинными и полосатыми, и они всегда были видны, когда его собственные атмосферные условия были достаточно хорошими.

Мы видели, что луна вращается так, что ее лицо всегда обращено к земле. Теперь мы увидели, что планеты Венера и Меркурий, по-видимому, вращаются таким образом, что они обращены к Солнцу одной и той же стороной. Все эти явления представляют глубокий интерес для высших отделов астрономических исследований. Это не просто совпадения.

Они возникают в результате действия приливов и отливов способом, который будет объяснен в следующей главе.

Так получилось, что наша земля и Венера почти равны по объему. Разница едва заметна, но диаметр земли на несколько миль больше диаметра Венеры. Есть признаки существования атмосферы вокруг Венеры, и данные спектроскопа показывают, что там присутствует водяной пар.

Если в атмосфере Венеры есть кислород, то представляется возможным, что на этом земном шаре может существовать жизнь, существенно не отличающаяся по своему характеру от некоторых форм жизни на земле. Несомненно, солнечное тепло на Венере значительно превосходит то, с которым мы знакомы, но это не является непреодолимой трудностью. В настоящее время мы видим на земле жизнь в очень жарких регионах и жизнь в очень холодных регионах. Действительно, с каждым приближением к Экватору мы находим жизнь все более и более изобильной; так что, если на поверхности Венеры присутствует вода и если кислород является составной частью ее атмосферы, мы могли бы ожидать обнаружить на этой планете пышную тропическую жизнь, возможно, аналогичную в некоторых отношениях жизни на земле.

В нашем описании планеты Меркурий, а также в кратком описании гипотетической планеты Вулкан было необходимо упомянуть о явлениях, связанных с прохождением планеты по поверхности Солнца. Подобное событие всегда представляет интерес для астрономов, особенно в случае с Венерой. В последние годы у нас была возможность стать свидетелями двух из этих редких явлений. Возможно, не будет преувеличением утверждать, что транзиты 1874 и 1882 годов привлекли такое внимание, какого никогда прежде не уделялось ни одному астрономическому явлению.

Прохождение Венеры нельзя назвать очень ярким или красивым зрелищем. Это далеко не такое прекрасное зрелище, как большая комета или ливень падающих звезд. Почему же тогда это явление считается имеющим такое большое научное значение? Это потому, что этот феномен помогает нам решить одну из величайших проблем, которые когда-либо занимали разум человека. По прохождению Венеры мы можем определить масштаб, на котором построена наша солнечная система. Поистине, это благородная проблема. Давайте ненадолго остановимся на ней. В центре нашей системы находится солнце — величественный шар, более чем в миллион раз превышающий размеры земли. Вокруг Солнца вращаются планеты, из которых наша Земля — лишь одна. Существуют сотни малых планет. Несколько из них сравнимы с нашей землей; есть и другие, значительно превосходящие землю. Помимо планет, в нашей системе есть и другие тела. Многие планеты сопровождаются системами вращающихся спутников. Существуют сотни, возможно, тысячи комет. Каждый член этого огромного воинства движется по заданной орбите вокруг Солнца, и все вместе они образуют солнечную систему.

Сравнительно легко изучить пропорции этой системы, измерить относительные расстояния планет от солнца и даже относительные размеры самих планет. Особые трудности, однако, возникают, когда мы пытаемся установить фактический *размер* системы, а также ее форму. Именно этот последний вопрос предлагает нам метод решения транзит Венеры.

Посмотрите, например, на обычную карту Европы. Мы видим различные страны, нанесенные с точностью; мы можем определить русла рек; мы можем сказать, что Франция больше Англии, а Россия больше Франции; но независимо от того, насколько точно составлена

карта, необходимо что-то еще, прежде чем мы сможем получить полное представление о размерах страны. Мы должны знать *масштаб, в котором нарисована карта*. Карта содержит контрольную линию с определенными отметками на ней. Эта линия обозначает масштаб карты. Ее задача - сообщить нам, что дюйм на карте соответствует такому-то количеству миль на реальной поверхности. Если ее не дополнить масштабом, карта была бы совершенно бесполезна для многих целей. Предположим, что мы обратились к ней, чтобы выбрать маршрут из Лондона в Вену, мы можем сразу увидеть направление, в котором нужно двигаться, и различные города и страны, которые нужно пересечь; но если мы не обратимся к маленькому масштабу в углу, карта не покажет, сколько миль займет путешествие.

Можно легко составить карту Солнечной системы. Мы можем нарисовать на ней орбиты некоторых планет и их спутников, а также включить в нее многие кометы. Мы можем назначить планетам и орбитам их надлежащие пропорции. Но для того, чтобы карта была достаточно эффективной, необходимо нечто большее. У нас должен быть масштаб, который покажет нам, сколько миллионов миль в небесах соответствует одному дюйму карты. Именно в этот момент мы сталкиваемся с трудностями. Однако существует несколько способов решения проблемы, хотя все они сложны и трудоемки. Самый известный метод (хотя и далеко не лучший) - это метод, представленный по случаю прохождения Венеры. В этом, таким образом, заключается важность этого редкого события. Это один из наиболее известных способов определения фактического масштаба, на котором построена наша система. Обратите внимание на всю важность проблемы. Как только масштаб будет определен, тогда все будет известно. Мы знаем размер солнца; мы знаем расстояние до него; мы знаем массу Юпитера и расстояния, на которых вращаются его спутники; мы знаем размеры комет и количество миль, на которые они удаляются в своих странствиях; мы знаем скорость падающих звезд; и мы извлекаем важный урок о том, что наша земля - всего лишь один из второстепенных членов семейства солнечных.

Поскольку путь Венеры лежит внутри пути земли и поскольку Венера движется быстрее земли, из этого следует, что земля часто проходит мимо планеты, и как раз в критический момент иногда случается, что земля, планета и солнце лежат на одной прямой. Затем мы можем увидеть Венеру на лике солнца, и это явление мы называем *прохождением Венеры*. Действительно, совершенно очевидно, что если бы три тела располагались точно на одной линии, наблюдатель с Земли, глядя на планету, увидел бы ее ярко выделяющейся на ярком фоне солнца.

Учитывая, что землю обгоняет Венера раз в девятнадцать месяцев, может показаться, что транзиты планеты должны происходить с соответствующей частотой. Это не так; прохождение Венеры - чрезвычайно редкое явление, и часто проходит сто или более лет, а ни одного из них не происходит. Редкость этих явлений проистекает из того факта, что траектория движения планеты наклонена к плоскости земной орбиты; так что на протяжении половины своего пути Венера находится выше плоскости земной орбиты, а на другой половине - ниже. Поэтому, когда Венера обгоняет землю, линия от земли к Венере обычно проходит над солнцем или под ним. Однако, если случится так, что Венера обгонит землю в любой из точек, в которых плоскость орбиты Венеры проходит через плоскость орбиты Земли, или вблизи нее, то три тела окажутся на одной линии, и следствием этого будет транзит Венеры. Редкость прохождения больше не должна быть тайной. Земля проходит через одну из критических частей каждый декабрь, а через другую - каждый июнь. Если случится так, что соединение Венеры произойдет 6 июня или 7 декабря или близко к этому, то транзит Венеры произойдет в это соединение, но ни при каких других обстоятельствах.

Наиболее примечательным законом, относящимся к повторяемости явления, является хорошо известный восьмилетний интервал. Все транзиты могут быть сгруппированы в пары, причем два транзита любой отдельной пары разделены интервалом в восемь лет. Например, транзит Венеры произошёл в 1761 году, а затем снова в 1769 году. Никаких дальнейших переходов не происходило до тех пор, пока они не были засвидетельствованы в 1874 и 1882 годах. Затем снова наступает длительный интервал, поскольку ещё один транзит произойдёт не раньше 2004 года, но за ним последует ещё один в 2012 году.

Такое расположение транзитов парами допускает очень простое объяснение. Оказывается, периодическое время Венеры имеет замечательную связь с периодическим временем Земли. Планета совершает тринадцать оборотов вокруг Солнца почти за то же время, что земле требуется для восьми оборотов. Следовательно, если Венера и земля были на одной линии с солнцем в 1874 году, то ещё через восемь лет земля снова окажется на том же месте; то же самое произойдёт и с Венерой, поскольку она только что смогла совершить тринадцать оборотов. Поскольку транзит Венеры произошёл в первом случае, транзит должен произойти и во втором.

Однако не следует предполагать, что каждые восемь лет планеты будут снова занимать одно и то же положение с достаточной точностью для регулярного восьмилетнего интервала прохождения. Лишь приблизительно верно, что тринадцать оборотов Венеры совпадают с восемью оборотами Земли. Каждое повторение соединения происходит при несколько ином положении планет, так что, когда две планеты снова сошлись в 1890 году, точка соединения была настолько удалена от критической точки, что линия от земли к Венере не пересекала солнце, и, таким образом, хотя Венера прошла очень близко от Солнца, транзит всё же не произошёл.

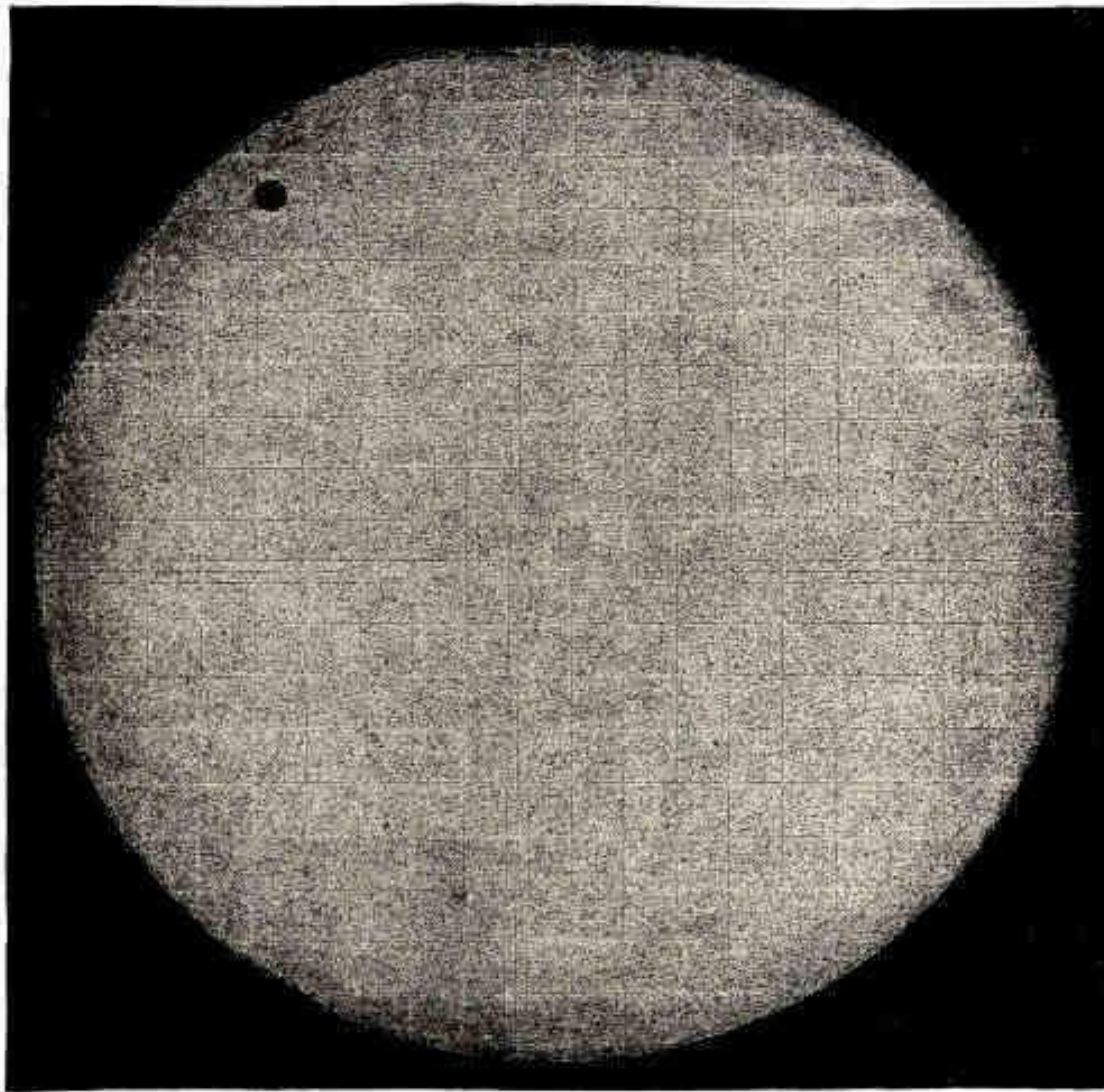


Рис. 45.—

Обращение Венеры к Солнцу в момент прохождения 1874 года.

На рис. 45 изображен проход Венеры в 1874 году. Он взят с фотографии, полученной во время этого явления М. Янссеном. Его телескоп был направлен на солнце в те насыщенные событиями минуты, пока это продолжалось, и, таким образом, изображение солнца было запечатлено на фотопластинке, помещенной в телескоп. Более светлый круг представляет солнечный диск. На этом диске мы видим круглое, четкое изображение Венеры, демонстрирующее характерный внешний вид планеты во время прохождения. Единственные другие особенности, на которые можно обратить внимание, - это несколько солнечных пятен, показанных довольно смутно, и сеть линий, которые были нанесены на стеклянную пластину поперек поля зрения телескопа для облегчения измерений.

На прилагаемом рисунке (рис. 46) показан курс, по которому планета проходила через Солнце в двух случаях - в 1874 и 1882 годах. Нашему поколению посчастливилось стать свидетелем двух событий, указанных на этой фотографии. Белый круг обозначает диск солнца; планета вторгается на белую поверхность и поначалу выглядит как откусывающий кусочек от края солнца. Постепенно черное пятно заслоняет солнце, пока почти через полчаса не станет полностью виден черный диск. Планета медленно проходит свой путь поперек, сопровождаемая сотнями телескопов со всех доступных уголков земного шара, откуда видно это явление, пока, наконец, в течение нескольких часов оно не появляется с другой стороны.

Будет полезно сделать краткий ретроспективный обзор различных проходов Венеры, о которых есть какие-либо исторические записи. Их немного. Сотни подобных явлений произошли с тех пор, как человек впервые появился на земле. Только с приближением 1631 года внимание стало привлекаться к этому вопросу, хотя переход, который, несомненно, произошел в том году, никем не был замечен. Успех Гассенди в наблюдении прохождения Меркурия, о котором мы упоминали в предыдущей главе, заставил его надеяться, что ему также повезет в наблюдении прохождения Венеры, которое также предсказал Кеплер. Гассенди смотрел на солнце 4, 5 и 6 декабря. Он снова посмотрел на него 7-го, но не увидел никаких признаков планеты. Теперь мы знаем причину. Прохождение Венеры произошло ночью, между 6-м и 7-м, и, следовательно, должно было быть невидимым для европейских наблюдателей.

Кеплер не заметил, что в 1639 году произойдет еще один транзит. Это открытие было сделано другим астрономом, и можно сказать, что именно с него начинается история этого предмета. Это был первый случай, когда явление было действительно засвидетельствовано; и тогда его видели не многие. Насколько известно, свидетелями этого были только два человека.



Рис. 46.—Путь

Венеры через Солнце в транзитах 1874 и 1882 годов.

Молодой и увлеченный английский астроном по имени Хоррокс провел некоторые вычисления относительно движения Венеры. Он сделал открытие, что прохождение Венеры

повторится в 1639 году, и приготовился проверить этот факт. Утром того дня, который оказался воскресным— ярко взошло солнце. Профессия священника, которой придерживался Хоррокс, здесь вступила в противоречие с его желаниями как астронома. Он рассказывает нам, что в девять часов его вызвали по делу высочайшей важности — относящемуся, без сомнения, к его служебным обязанностям; но служба была быстро закончена, и незадолго до десяти он снова был на вахте, но обнаружил, что сверкающий лик солнца лишен каких-либо необычных черт. Она была отмечена точкой, но ничего такого, что можно было принять за планету. И снова в полдень произошел сбой; он пошел в церковь, но к часу вернулся. Но это было не единственным препятствием для его наблюдений. Солнце также было более или менее затянато облаками в течение части дня. Однако в четверть четвертого пополудни его канцелярская работа была закончена; тучи рассеялись, и он снова возобновил свои наблюдения. К своему величайшему восторгу, он увидел на солнце круглое темное пятно, которое сразу же было идентифицировано как планета Венера. Наблюдения не могли продолжаться долго; стояла глубокая зима, и солнце быстро садилось. В распоряжении было всего полчаса, но он заранее так тщательно подготовился, что этого оказалось достаточно, чтобы провести несколько ценных измерений.

Хоррокс ранее ознакомил своего друга Уильяма Крэбтри с надвигающимся происшествием. Таким образом, Крэбтри был начеку, и ему удалось увидеть этот переход; поразительная картина знаменитого наблюдения Крэбтри изображена на одной из прекрасных фресок в ратуше Манчестера. Но больше никому Хоррокс не сообщал об этом; как он говорит: "Я надеюсь, меня извинят за то, что я не сообщил другим моим друзьям об ожидаемом явлении, но большинство из них мало заботятся о пустяках такого рода, предпочитая своих ястребов и гончих, если не сказать хуже; и хотя Англия не лишена приверженцев астрономии, с некоторыми из которых я знаком, я не смог сообщить им приятную новость, поскольку сам был так мало замечен".

Лишь много времени спустя была оценена вся важность прохождения Венеры. Прошло почти столетие, когда великий астроном Галлей (1656-1742) обратил внимание на этот предмет. Следующий транзит должен был произойти в 1761 году, а за сорок пять лет до этого события Галлей объяснил свой знаменитый метод определения расстояния до Солнца по транзиту Венеры. [15] Тогда ему было шестьдесят лет; он не мог ожидать, что доживет до того, чтобы стать свидетелем этого события; но на благородном языке он доводит проблему до сведения ученых и таким образом обращается к Лондонскому королевскому обществу: "И это то, что я сейчас желаю представить этому прославленному Обществу, которое, как я предсказываю, будет существовать веками, что Я могу заранее объяснить молодым астрономам, которые, возможно, доживут до наблюдения этих явлений, метод, с помощью которого можно действительно определить огромное расстояние до солнца.... Поэтому я рекомендую снова и снова тем любознательным астрономам, у которых после моей смерти будет возможность наблюдать эти явления, помнить об этом моем предостережении и усердно прилагать все свои силы к проведению наблюдений, и я искренне желаю им всевозможных успехов — во-первых, чтобы они не были лишены этого самого желанного зрелища из-за не по сезону темного облачного неба, а затем, чтобы, установив с большей точностью величины планетных орбит, это могло способствовать их бессмертной славе." Галлей дожил до глубокой старости, но умер за девятнадцать лет до того, как произошел транзит.

Изучающий астрономию, желающий узнать, как по прохождению Венеры можно определить расстояние от солнца, должен быть готов столкнуться с геометрической задачей немалой сложности. Мы не можем сообщить субъекту детали, которые были бы необходимы для

полного объяснения. Все, что мы можем попытаться, - это дать общее описание метода, достаточное для того, чтобы читатель увидел, что прохождение Венеры действительно содержит все элементы, необходимые для решения проблемы.

Сначала мы должны четко объяснить концепцию, известную астрономам под названием *параллакса*; ибо именно по параллаксу должно определяться расстояние до солнца или, более того, расстояние до любого другого небесного тела. Давайте возьмем простую иллюстрацию. Встаньте у окна, откуда вы можете смотреть на здания, деревья, облака или любые отдаленные объекты. Положите на стекло тонкую полоску бумаги вертикально посередине одного из стекол. Закройте правый глаз и отметьте левым глазом положение полоски бумаги относительно объектов на заднем плане. Затем, все еще оставаясь в том же положении, закройте левый глаз и снова наблюдайте правым глазом за положением полоски бумаги. Вы обнаружите, что положение бумаги на заднем плане изменилось. Когда я сижу в своем кабинете и смотрю в окно, я вижу правым глазом полоску бумаги перед определенной веткой дерева в паре сотен ярдов от меня; левым глазом бумага больше не находится перед этой веткой, она переместилась в положение, близкое к контуру дерева. Это кажущееся смещение полоски бумаги относительно удаленного фона называется параллаксом.

Подойдите ближе к окну и повторите наблюдение, и вы обнаружите, что *видимое смещение полосы увеличивается*. Отойдите от окна, и смещение уменьшится. Перейдите на другую сторону комнаты, смещение будет намного меньше, хотя, вероятно, все еще заметно. Таким образом, мы видим, что изменение видимого положения полоски бумаги при взгляде правым или левым глазом изменяется в величине по мере изменения расстояния; но оно изменяется противоположным расстоянию образом, ибо по мере того, как одно становится больше, другое становится меньше. Таким образом, мы можем связать с каждым конкретным расстоянием соответствующее конкретное смещение. Из этого будет легко сделать вывод, что если у нас есть средства измерения величины смещения, то у нас есть и средства вычисления расстояния от наблюдателя до окна.

Именно этот принцип, применяемый в гигантских масштабах, позволяет нам измерять расстояния до небесных тел. Посмотрите, например, на планету Венера; пусть это соответствует полоске бумаги, а фоном пусть будет солнце, на котором Венера видна в процессе прохождения. Вместо двух глаз наблюдателя мы теперь размещаем две обсерватории в отдаленных регионах земли; мы смотрим на Венеру из одной обсерватории, мы смотрим на нее из другой; мы измеряем величину смещения и исходя из этого вычисляем расстояние до планеты. Таким образом, все зависит от имеющихся у нас средств измерения смещения Венеры, наблюдаемого с двух разных станций. Существуют различные способы достижения этой цели, но наиболее простым является тот, который первоначально предложил Галлей.

Из обсерватории на А Венера, по-видимому, следует по верхней из двух дорожек, показанных на соседнем рисунке (рис. 47). От обсерватории в точке В он следует по нижней колее, и нам предстоит измерить расстояние между двумя колеей. Этого можно добиться несколькими способами. Предположим, что наблюдатель в точке А отмечает время, затраченное Венерой на пересечение диска, и что аналогичные наблюдения будут сделаны в точке В. Поскольку дорожка, видимая с точки В, больше, из этого должно следовать, что время, наблюдаемое в точке В, будет больше, чем время, наблюдаемое в точке А. При сравнении наблюдений из разных полушарий наблюдаемое *время* позволит рассчитать

длины дорожек. Поскольку длины известны, определяются их места на круглом диске Солнца, и, следовательно, устанавливается величина смещения Венеры при прохождении. Таким образом, измерено расстояние до Венеры и известен масштаб солнечной системы.



Рис. 47. — Для иллюстрации наблюдения прохождения Венеры из двух точек, А и В, на Земле.

Два транзита, на которые ссылались достопамятные исследования Галлея, произошли в 1761 и 1769 годах. Результаты первого исследования были не очень успешными, несмотря на кропотливый труд тех, кто проводил наблюдения. Прохождение 1769 года представляет особый интерес не только с точки зрения определения расстояния до солнца, но и потому, что оно положило начало первому из знаменитых путешествий капитана Кука. Капитану Куку было поручено отправиться в Отакейт именно для того, чтобы увидеть прохождение Венеры, и там, 3 июня, в великолепный день в этом изысканном климате, это явление было тщательно наблюждено и измерено различными наблюдателями. Одновременно с этими наблюдениями были получены другие в Европе и других местах, и на основе объединения всех наблюдений было получено приблизительное представление о расстоянии до солнца. Однако наиболее полного обсуждения этих наблюдений в течение некоторого времени не проводилось. Только в 1824 году знаменитый Энке вычислил расстояние до солнца и дал в качестве определенного результата 95 000 000 миль.

В течение многих лет это число неизменно принималось, и многие из нынешнего поколения помнят, как в школьные годы их учили, что солнце находится на расстоянии 95 000 000 миль.

Наконец начали шепотом высказываться сомнения относительно точности этого результата. Сомнения возникали в разных кругах и были представлены с разной степенью важности; но все они указывали в одном направлении, все они указывали на то, что расстояние до солнца на самом деле было не так велико, как результат, полученный Энке. Следует помнить, что существует несколько способов определения расстояния до солнца, и позже мы сочтем своим долгом упомянуть о некоторых других методах. Было установлено, что результат, полученный Энке из наблюдений, сделанных в 1761 и 1769 годах, с помощью инструментов, уступающих нашим современным, был слишком велик, и что расстояние до солнца, вероятно, можно теперь определить в 92 000 000 миль.

Я осмеливаюсь записать наш личный опыт последнего прохождения Венеры, который нам посчастливилось наблюдать из обсерватории Дансинка днем 6 декабря 1882 года.

Утро этого богатого событиями дня оказалось настолько неблагоприятным для грандиозного астрономического зрелища, насколько это вообще можно было себе представить. Снег толщиной в пару дюймов покрывал землю, и еще больше падало, с небольшими перерывами, все утро. Казалось почти безнадежным, что из этой обсерватории можно было бы увидеть это явление; но в таких случаях полезно помнить о предписании, данном наблюдателям знаменитой экспедиции по затмению. Им было сказано, каким бы ни был день, что они должны делать все свои приготовления точно так же, как они делали бы, если бы солнце сияло с неизменным великолепием. Этот совет, без сомнения, пошел на пользу многим наблюдателям, и мы последовали ему с очень значительным успехом.

В то время в обсерватории было два экваториальных прибора, один из которых был старым, но вполне исправным, с апертурой около шести дюймов; другой, большой Южный экваториальный, с апертурой двенадцать дюймов, уже упоминался. В одиннадцать часов день казался хуже, чем когда-либо; но мы сразу же приступили ко всем приготовлениям. Я разместил мистера Рамбо на маленьком экваториальном, а сам взял на себя управление южным прибором. Когда купола были открыты, снег все еще шел; но, согласно нашей заранее разработанной схеме, телескопы были направлены, на самом деле, не на солнце, а туда, где, как мы знали, находилось солнце, и был приведен в движение часовой механизм, который вращал телескопы, все еще постоянно указывая на невидимое солнце. Предсказанное время перехода еще не наступило.

Окуляр, используемый на Южном экваториале, также должен получить краткое уведомление. Конечно, будет очевидно, что яркий солнечный свет должен быть значительно уменьшен, прежде чем глаз сможет видеть его безнаказанно. Солнечный свет падает на кусок прозрачного стекла, наклоненный под определенным углом, и основная часть солнечного тепла, а также определенное количество его света проходят через стекло и теряются. Однако определенная доля света отражается от стекла и попадает в окуляр. Интенсивность этого света уже значительно уменьшена, но он подвергается еще большему уменьшению, насколько нам заблагорассудится, с помощью хитроумного приспособления. Стекло, которое отражает свет, делает это под так называемым углом поляризации, а между окуляром и глазом находится пластинка из турмалина. Наблюдатель может поворачивать эту пластинку из турмалина. В одном положении она практически не мешает поляризованному свету, в то время как в положении под прямым углом к нему она отсекает его почти полностью. Просто регулируя положение турмалина, наблюдатель может получить изображение любой яркости, которая может быть удобной, и, таким образом, наблюдения за солнцем могут проводиться при соответствующей степени освещенности.

Но в данном случае подобные приспособления казались простой насмешкой. "Турмалин" был готов, но до часу дня не было видно ни следа солнца. Вскоре после часу дня, однако, мы заметили, что день становится светлее; и, посмотрев на север, откуда надвигались ветер и снег, мы увидели, к нашему невыразимому восторгу, что облака рассеиваются. Наконец небо на юге начало проясняться, и наконец, по мере приближения критического момента, мы смогли обнаружить место, где становилось видно солнце. Но предсказанный момент наступил и прошел, а солнце все еще не пробилось сквозь облака, хотя с каждым мгновением уверенность в том, что это произойдет, становилась все более очевидной. Следовательно, внешний контакт был упущен. Мы пытались утешить себя мыслью, что, в конце концов, это был не очень важный этап, и надеялись, что внутренний контакт будет более успешным.

Наконец пробивающиеся лучи пробили преграду, и я увидел в видоискатель круглый, острый диск солнца и жадно взглянул на точку, на которой было сосредоточено внимание. Прошло уже несколько минут с предсказанного момента первого контакта, и, к моей радости, я увидел небольшую отметку на краю солнца, показывающую, что транзит начался и что планета находилась тогда на одной трети от солнца. Но критический момент еще не наступил. Под выражением "первый внутренний контакт" мы должны понимать момент, когда планета полностью вошла в положение солнца. Этот первый контакт должен был произойти на двадцать одну минуту позже, чем уже упоминавшийся внешний контакт. Но облака снова обманули наши надежды увидеть внутренний контакт. Пристально глядя на изысканно красивое зрелище постепенного приближения планеты, я осознал, что между мной и солнцем, помимо Венеры, были и другие объекты. Это были снежинки, которые снова начали быстро падать. Должен признать, это явление было необычайно красивым. Телескопический эффект снежной бури на фоне солнца, которого я никогда раньше не видел. Это напомнило мне золотой дождь, который иногда можно увидеть падающим от полета небесных ракет во время пиротехнических представлений; я бы с радостью обошелся без этого зрелища, поскольку за этим неизбежно следовало, что солнце и Венера снова исчезали из виду. Собирались тучи, метель была такой же сильной, как всегда, и мы едва осмеливались надеяться, что увидим что-нибудь еще; 1 час 57 минут. пришел и прошел, первый внутренний контакт закончился, и Венера полностью вошла в солнце. Мы получили лишь краткое представление и еще не смогли произвести никаких измерений или других наблюдений, которые могли бы быть полезны. Тем не менее, увидеть хотя бы часть прохождения Венеры - событие, которое запомнится на всю жизнь, и мы испытали больше восторга, чем можно легко выразить, даже от этого слабого проблеска успеха.

Но впереди были дела получше. Пришел мой ассистент с отчетом, что ему также удалось увидеть Венеру в той же фазе, что и мне. Мы оба вернулись на свои посты, и в половине третьего облака начали рассеиваться, и перспектива увидеть солнце начала улучшаться. Теперь не было и речи о наблюдениях за контактом. Венера к этому времени находилась достаточно близко к солнцу, и поэтому мы приготовились проводить наблюдения с помощью микрометра, прикрепленного к окуляру. Облака наконец рассеялись, и в это время Венера настолько полностью вошла в солнце, что расстояние от края планеты до края солнца было примерно в два раза больше диаметра планеты. Мы измерили расстояние от внутреннего края Венеры до ближайшей окантовки Солнца. Эти наблюдения повторялись как можно чаще, но следует добавить, что они были сделаны с очень большими трудностями. Солнце стояло теперь очень низко, и края Солнца и Венеры ни в коем случае не имели того устойчивого характера, который пригоден для микрометрических измерений. Край светила дрожал, и Венера, хотя, без сомнения, она иногда имела круглую форму, очень часто была искажена до такой степени, что делала измерения очень неточными.

Нам удалось получить в общей сложности шестнадцать измерений; но солнце уже клонилось к закату, облака снова начали сгущаться, и мы увидели, что наблюдение за транзитом должно быть предоставлено тысячам астрономов в более счастливых краях, которые с нетерпением ждали его. Но прежде чем явления прекратились, я отвлекся на несколько минут от механической работы с микрометром, чтобы взглянуть на прохождение в более живописной форме, которую представляло большое поле видоискателя. Солнце уже начинало окрашиваться в красноватые тона заката, и там, далеко на его поверхности, виднелся острый, круглый, черный диск Венеры. Тогда было легко проникнуться высшей радостью Хоррокса, когда в 1639 году он впервые стал свидетелем этого зрелища. Внутренний интерес явления, его редкость, исполнение предсказания, благородная проблема, которую помогает нам решить прохождение Венеры, - все это присутствует в наших мыслях, когда мы смотрим на эту приятную картину, повторение которой не повторится до тех пор, пока цветы не распустятся в июне 2004 года нашей эры.

Случай прохождения Венеры также предоставляет возможность изучить физическую природу планеты, и мы можем здесь кратко указать на полученные результаты. Во-первых, транзит прольет некоторый свет на вопрос о том, сопровождается ли Венера спутником. Если бы Венеру сопровождало небольшое тело, находящееся в непосредственной близости, то можно было бы предположить, что при обычных обстоятельствах яркость планеты заслонила бы слабый пучок лучей от крошечного спутника, и, таким образом, спутник остался бы неоткрытым. Поэтому изучение окрестностей планеты во время прохождения представляло большой интерес. Если бы спутник существовал — а о существовании одного или нескольких таких тел часто подозревали, — то его можно было бы обнаружить на ярком фоне солнца. Особое внимание было приковано к этой точке во время недавних прохождений, но никакого спутника Венеры обнаружено не было. Поэтому представляется весьма маловероятным, что Венера может сопровождаться каким-либо сопутствующим шаром заметных размеров.

Наблюдения, направленные на изучение атмосферы, окружающей Венеру, оказались более успешными. Если бы планета была лишена атмосферы, то она была бы полностью невидимой непосредственно перед тем, как начать приближаться к солнцу, и снова стала бы полностью невидимой, как только покинула солнце. Наблюдения, сделанные во время транзитов, не согласуются с такими предположениями. Особое внимание было уделено этому пункту во время недавних транзитов. Полученный результат был весьма примечательным и самым убедительным образом доказал существование атмосферы вокруг Венеры. По мере того как планета постепенно удалялась от Солнца, было видно, что круглый край планеты, уходящий в темноту, ограничен дугой света, и доктор Коупленд, наблюдавший этот транзит при очень благоприятных обстоятельствах, фактически смог следить за планетой до тех пор, пока она полностью не удалялась от солнца, и в это время земной шар, хотя сам по себе и был невидим, был отчетливо отмечен полосой света, которой он был окружен. Этот светящийся круг необъясним, если не считать предположения, что шар Венеры окружен атмосферной оболочкой так же, как земля.

Можно спросить, в чем преимущество посвящения такого большого количества времени и труда такому небесному явлению, как прохождение Венеры, которое имеет так мало отношения к практическим делам? Какое это имеет значение, находится ли солнце на расстоянии 95 000 000 миль, или же это всего лишь 93 000 000 миль, или любое другое расстояние? Мы должны сразу признать, что исследование имеет лишь слабое отношение к вопросам практической полезности. Без сомнения, человек с богатым воображением мог бы возразить, что для безукоризненного расчета наших морских календарей нам требуется точное знание расстояния до солнца. Наша обширная торговля зависит от умелой

навигации, и одним из факторов, необходимых для успеха, является надежность "Морского альманаха". Следовательно, возросшее совершенство альманаха должно иметь некоторое отношение к возросшему совершенству навигации. Теперь, поскольку авторитетные источники говорят нам, что при бегстве в гавань штормовой ночью или в других критических ситуациях даже ярд морского пространства часто имеет большое значение, вполне возможно, что бесконечно малое влияние прохождения Венеры в "Морском альманахе" объясняется безопасностью доблестного судна.

Но время, труд и деньги, затраченные на наблюдение прохождения Венеры, на самом деле следует защищать на совершенно иных основаниях. Мы видим в этом плодотворный источник информации. Он сообщает нам расстояние до солнца, которое является основой всех великих измерений Вселенной. Это удовлетворяет интеллектуальное любопытство человека, позволяя увидеть истинные размеры величественной солнечной системы, в которой земля играет достойную, хотя и все еще подчиненную роль; и это приводит нас к представлению об огромном масштабе, по которому устроена Вселенная.

У нас нет возможности, с должным учетом ограничений этого тома, продолжать наше обсуждение прохождения Венеры. Когда мы начинаем изучать детали наблюдений, мы сразу же сталкиваемся со множеством технических и запутанных вопросов. К сожалению, проведение наблюдений с необходимой точностью сопряжено с очень большими трудностями. Моменты, когда Венера входит в солнечный диск и покидает его, невозможно очень точно проследить, отчасти из-за своеобразной оптической иллюзии, известной как "черная капля", из-за которой Венера, кажется, прилипает к краю Солнца в течение многих секунд, отчасти из-за влияния атмосферы планеты, которая помогает сделать наблюдаемое время контакта неопределенным. Эти обстоятельства затрудняют определение расстояния до солнца по наблюдениям за прохождением Венеры с точностью, требуемой современной наукой. Поэтому представляется вероятным, что окончательное определение расстояния до солнца будет получено совершенно иным способом. Это будет объяснено в [главе XI](#), и поэтому мы испытываем меньшее нежелание отказываться от рассмотрения прохождения Венеры как метода астрономической съемки.

Теперь мы должны завершить наше описание этой прекрасной планеты; но прежде чем сделать это, давайте добавим — или, в некоторых случаях, повторим — несколько статистических фактов относительно размеров планеты и ее орбиты.

Диаметр Венеры составляет около 7 660 миль, и планета не демонстрирует заметного отклонения от шаровидной формы, хотя вряд ли можно сомневаться в том, что ее полярный диаметр действительно должен быть несколько меньше экваториального. Этот диаметр всего примерно на 258 миль меньше диаметра земли. Масса Венеры составляет примерно три четверти массы Земли; или, если, как это более обычно, мы сравниваем массу Венеры с массой Солнца, ее следует представить дробью $\frac{1}{425\,000}$. Следует отметить, что масса Венеры не так велика по сравнению с ее массой, как можно было бы ожидать. Плотность этой планеты составляет примерно 0.850 от плотности Земли. Венера будет весить в 4,81 раза больше, чем водный шар такого же размера. Гравитация на ее поверхности будет, в незначительной степени, меньше, чем на поверхности Земли. Тело здесь падает на шестнадцать футов в секунду; тело, упавшее на поверхность Венеры, упало бы примерно на три фута меньше. Представляется вполне вероятным, что время вращения Венеры может быть равно периоду ее обращения вокруг Солнца.

Орбита Венеры примечательна тем, что она приближается почти к кругу. Наибольшее расстояние этой планеты от Солнца не превышает наименьшего расстояния на одну долю

процента. Его среднее расстояние от Солнца составляет около 67 000 000 миль, а движение по орбите достигает средней скорости почти 22 мили в секунду, при этом весь путь совершается за 224·70 дней.

ГЛАВА IX.

ЗЕМЛЯ.

Земля - большой глобус—Как измеряется размер Земли—Базовая линия—Широта, определяемая по высоте полюса—Градус меридиана—Земля не сфера—Эксперимент с маятником—Движение Земли медленное или быстрое?—Совпадение оси вращения и Оси фигуры—Наличие тепла в Земле—Земля, когда—то находившаяся в мягком состоянии—Эффекты центробежной силы—Сравнение с Солнцем и Юпитером—Выпуклость экватора—Взвешивание Земли—Сравнение веса Земли и такого же водного шара—Сравнение Земли со свинцовым шаром—Маятник—Использование маятника при измерении силы тяжести—Принцип изохронизма—Форма Земли, измеряемая маятником.

То, что земля должна быть круглым телом, - это истина, немедленно вытекающая из простых астрономических соображений. Солнце круглое, Луна круглая, и телескопы показывают, что планеты круглые. Несомненно, кометы не круглые, но тогда комета ни в коем случае не кажется твердым телом. Мы можем видеть насквозь один из этих хрупких предметов, и его вес слишком мал, чтобы оценить его с помощью наших методов измерения. Если, таким образом, все твердые тела, которые мы можем видеть, являются круглыми шарами, то не является ли вероятным, что земля тоже является шаром? Но у нас есть гораздо более прямая информация, чем простые предположения.

Нет лучшего способа действительно увидеть, что поверхность океана изогнута, чем наблюдать за далеким кораблем в открытом море. Когда корабль будет уже далеко и все еще будет удаляться, его корпус постепенно исчезнет, в то время как мачты останутся видимыми. В погожий летний день мы часто можем увидеть верхушку трубы парохода, появляющуюся над морем, в то время как корпус парохода находится внизу. Чтобы лучше видеть это, глаз следует поднести как можно ближе к поверхности моря. Если бы море было идеально ровным, не было бы ничего, что могло бы заслонять корпус судна, и поэтому оно было бы видно до тех пор, пока остается видимой воронка. Если море действительно изогнуто, выступающая часть перекрывает обзор корпуса, в то время как воронка все еще видна.

Таким образом, мы узнаем, как море изогнуто в каждой части, и поэтому естественно предположить, что земля представляет собой сферу. При более тщательных измерениях мы обнаруживаем, что земной шар не идеально круглый. Он в некоторой степени сплюснен на каждом из полюсов. Это можно легко проиллюстрировать на примере резинового шарика, который можно сжать с двух противоположных сторон так, чтобы он выпирал в центре. Земля точно так же сплюснута на полюсах и выпукла на экваторе. Отклонение Земли от истинно шаровидной формы, однако, не очень велико и не было бы замечено без очень тщательных измерений.

Определение размера земли требует проведения операций немалой сложности. На эту работу было потрачено очень много навыков и очень много труда, и размеры земли известны

с высокой степенью точности, хотя, возможно, и не со всей точностью, которой мы можем в конечном итоге надеяться достичь. Научную важность точного измерения размеров Земли трудно переоценить. Радиус Земли сам по себе является единицей, в которой выражаются многие другие астрономические величины. Например, когда наблюдения проводятся с целью определения расстояния до Луны, результаты наблюдений, если их обсудить и сократить, говорят нам, что расстояние до Луны равно пятидесяти девяти экваториальным радиусам Земли. Если мы хотим найти расстояние до Луны в милях, нам нужно знать количество миль в радиусе Земли.

После выбора ровного участка земной поверхности измеряется линия длиной в несколько миль. Это называется базой, и поскольку все последующие измерения в конечном счете зависят от базы, необходимо, чтобы это измерение производилось со скрупулезной точностью. Измерение линии длиной четыре или пять миль с такой точностью, чтобы исключить любые ошибки, превышающие несколько дюймов, требует самых тщательных мер предосторожности. Мы не будем сейчас вдаваться в описание операций, которые необходимы. Это очень трудоемкая работа, и обсуждению результатов было посвящено много увесистых томов. Но когда в разных местах земной поверхности получено несколько базовых линий, измерительные стержни должны быть отложены в сторону, и последующая задача обследования земли должна выполняться путем измерения углов от одной станции к другой и основанных на этом тригонометрических вычислений. Начиная с базовой линии длиной в несколько миль, рассчитываются расстояния большей длины, пока не будут достигнуты протяженности в 100 миль или даже больше. Таким образом, можно найти длину длинной линии, идущей строго на север и юг.

До сих пор это была работа только землемера. Установленное таким образом расстояние передается астроному для определения на его основе размеров земли. Астроном устанавливает свою обсерваторию на северном конце длинной линии и приступает к определению своей широты путем наблюдений. Это может быть достигнуто различными способами. Они будут полностью описаны в работах по практической астрономии. Здесь мы лишь вкратце укажем принцип, на основе которого должны проводиться такие наблюдения.

Каждый должен быть знаком с Полярной звездой, которая, хотя и ни в коем случае не является самой яркой, вероятно, является самой важной звездой на всем небе. В этих широтах мы привыкли находить Полярную звезду на значительной высоте, и там мы неизменно можем найти ее, всегда в одном и том же месте на северном небе. Но предположим, что мы отправляемся в путешествие в южное полушарие: по мере приближения к экватору мы обнаруживаем, что ночь за ночью Полярная звезда приближается к горизонту. На экваторе оно находится на горизонте; в то время как если мы пересечем линию, то, войдя в южное полушарие, обнаружим, что это полезное небесное тело стало невидимым. Этого самого по себе достаточно, чтобы показать нам, что земля не может быть плоской поверхностью, на которую, по-видимому, указывает неопытный опыт.

С другой стороны, путешественник, выезжающий из Англии в Норвегию, замечает, что Полярная звезда каждую ночь оказывается выше в небе, чем он привык ее видеть. Если он продлит свое путешествие дальше на север, тот же самый объект будет постепенно подниматься все выше и выше, пока, наконец, при приближении к полюсу земли Полярная Звезда не окажется высоко над его головой. Таким образом, мы приходим к выводу, что чем выше наша широта, тем выше, в целом, высота Полярной звезды. Но мы не можем использовать точные формулировки, пока не заменим мерцающую точку самым полюсом небес. Полюс небес находится рядом с Полярной Звездой, которая сама обращается вокруг полюса небес, как и все остальные звезды, один раз в день. Однако окружность,

описываемая Полярной звездой, настолько мала, что, если мы не уделим ей особого внимания, движение не будет замечено. Истинный полюс - это не видимая точка, но его можно точно определить, и это позволяет нам с предельной точностью установить связь между полюсом и широтой. Утверждение состоит в том, что высота полюса над горизонтом равна широте данного места.

Астроном, находящийся на одном конце длинной линии, измеряет высоту полюса над горизонтом. Эта операция требует некоторой деликатности. Во-первых, поскольку полюс невидим, он должен определить его положение косвенно. Он измеряет высоту Полярной звезды, когда эта высота наибольшая, и повторяет операцию двенадцать часов спустя, когда высота Полярной звезды наименьшая; среднее значение между ними, скорректированное различными способами, которые нам сейчас нет необходимости обсуждать, дает истинную высоту полюса. Достаточно сказать, что с помощью таких операций определяется широта одного конца линии. Затем астроном со всем своим набором инструментов перемещается на другой конец линии. Там он повторяет процесс и обнаруживает, что полюс теперь имеет другую высоту, соответствующую другой широте. Таким образом, разница двух высот дает ему точную меру количества градусов и дробных частей градуса между широтами двух станций. Это можно сравнить с фактическим расстоянием в милях между двумя станциями, которое было установлено с помощью тригонометрической съемки. Затем простой расчет покажет количество миль и дробных частей мили, соответствующее одному градусу широты — или, как это чаще выражают, длине градуса меридиана.

Эту операцию приходится повторять в разных частях земли — в северном полушарии и в южном, в высоких широтах и в низких. Если бы уровень моря над всей землей был идеальной сферой, из этого следовало бы важное следствие — длина градуса меридиана была бы везде одинаковой. В Перу было бы то же самое, что и в Швеции, в Индии - то же самое, что и в Англии. Но не все градусы одинаковы, и отсюда мы узнаем, что наша земля на самом деле не является шаром. Измеренные длины градусов позволяют нам увидеть, до какой степени форма земли отличается от идеальной сферы. Вблизи полюса длина градуса больше, чем вблизи экватора. Это показывает, что земля сплюснута на полюсах и выпукла на экваторе, и предоставляет средства, с помощью которых мы можем рассчитать фактические длины полярной и экваториальной осей. Таким образом, экваториальный диаметр был найден равным 7 927 милям, в то время как полярный диаметр на 27 миль короче.

Полярная ось Земли может быть определена как диаметр, вокруг которого вращается земля. Эта ось пересекает поверхность на северном и южном полюсах. Время, за которое земля совершает полный оборот вокруг этой оси, называется звездными сутками. Звездный день немного короче обычного и составляет всего 23 часа 56 минут и 4 секунды. Вращение выполняется точно так же, как если бы жесткая ось проходила через центр земли; или, используя старую и простую иллюстрацию, земля вращается точно так же, как шар из камвольной ткани можно заставить вращаться вокруг вязальной спицы, проткнутой через его центр.

Примечательным обстоятельством является то, что ось, вокруг которой вращается земля, занимает положение, идентичное положению наименьшего диаметра земли, обнаруженного при фактической съемке. Это совпадение было бы совершенно немыслимым, если бы форма земли не была каким-то образом физически связана с тем фактом, что земля вращается. Какую связь тогда можно проследить? Давайте исследуем этот предмет, и мы обнаружим, что форма земли является следствием ее вращения.

Земля в настоящее время подвержена в различных местах случайным вспышкам вулканов. Явления таких извержений, сопутствующее возникновение землетрясений, хорошо известный факт, что жар усиливается по мере того, как мы погружаемся глубже в землю, существование горячих источников, гейзеры, обнаруженные в Исландии и других местах, - все это свидетельствует о том, что тепло существует внутри земли. Является ли это тепло, как предполагают некоторые, универсальным в недрах земли, или же оно просто локально в нескольких местах, где ощущаются его проявления, - это вопрос, который нас сейчас не должен касаться. Все, что необходимо для нашей нынешней цели, - это признание того, что тепло в какой-то степени присутствует.

Это внутреннее тепло, большое оно или слабое, очевидно, имеет иное происхождение, чем то, которое мы знаем на поверхности. Тепло, которым мы наслаждаемся, исходит от солнца. Внутреннее тепло не могло быть получено от солнца; его интенсивность слишком велика, и существуют другие непреодолимые трудности, связанные с предположением, что оно пришло от солнца. Откуда же тогда берется это тепло? Это вопрос, на который в настоящее время мы вряд ли можем ответить — и, на самом деле, нас мало волнует, что мы должны отвечать на него. Поскольку признается факт наличия тепла, все, что нам требуется, - это применить один или два хорошо известных тепловых закона к интерпретации фактов. Сначала мы должны рассмотреть общий принцип, согласно которому тепло имеет тенденцию рассеиваться и распространяться вдали от своего первоначального источника. Тепло, находящееся глубоко в недрах земли, передается через вмещающие породы и медленно достигает поверхности. Это правда, что камни и материалы, которыми покрыта наша земля, не являются хорошими проводниками тепла; большинство из них, действительно, крайне неэффективны в этом отношении; но, хорошие они или плохие, они в той или иной форме являются проводниками, и через них тепло должно выходить на поверхность.

Нельзя опровергнуть этот вывод о том, что мы не чувствуем этого жара. Несколько футов кирпичной кладки настолько ограничат тепло мощной доменной печи, что лишь небольшая часть выйдет через кирпичи; но *немного* тепла все же выходит, а кирпичи никогда не были изготовлены и никогда не могли быть изготовлены, которые полностью задержали бы все тепло. Если несколько футов кирпичной кладки могут таким образом почти скрыть жар печи, то не могут ли несколько десятков миль скальных пород почти скрыть жар в глубинах земли, даже если этот жар был в семь раз горячее, чем самая мощная печь, которая когда-либо существовала? Тепло уходило бы медленно и, возможно, незаметно, но, если только все наши знания о природе не являются заблуждением, никакие породы, какими бы толстыми они ни были, не могут предотвратить со временем утечку тепла на поверхность. Когда это тепло достигает поверхности земли, оно должно, в силу другого теплового закона, постепенно излучаться и теряться для земли.

Это завело бы нас слишком далеко, если бы мы не обсуждали полностью возражения, которые, возможно, могут быть выдвинуты против того, что мы здесь изложили. Часто говорят, что тепло в недрах земли вырабатывается в результате химического соединения или механического процесса, и, таким образом, тепло может постоянно возобновляться так же быстро или даже быстрее, чем оно уходит. Это, однако, разница скорее в форме, чем в содержании. Если тепло вырабатывается только что предполагаемым способом (а не может быть никаких сомнений в том, что часть тепла внутри земного шара может иметь такое происхождение), то должна иметь место определенная трата химической или механической энергии, которая приводит к определенному истощению. На каждую единицу выделяющегося тепла приходится либо потеря единицы тепла земным шаром, либо, что

почти одно и то же, потеря единицы теплопроизводительности за счет химической или механической энергии. Существенный результат тот же; тепло, фактическое или потенциальное, земли, должно быть, уменьшается. Следует, конечно, отметить, что большая часть тепловых потерь, испытываемых землей, носит очевидный характер и не зависит от медленных процессов теплопроводности. Каждое извержение вулкана выбрасывает огромное количество тепла, которое очень быстро испаряется из земли; в то время как в горячих источниках, обнаруженных во многих местах, происходит постоянный выброс того же рода, который с течением лет достигает огромных размеров.

Таким образом, земля теряет тепло, в то время как она никогда не получает никаких свежих запасов того же вида, чтобы восполнить потери. Следствие очевидно: внутри земли, должно быть, становится холоднее. Без сомнения, это чрезвычайно медленный процесс; жизнь отдельного человека, жизнь нации, возможно, жизнь самой человеческой расы, была недостаточно долгой, чтобы стать свидетелем каких-либо заметных изменений в запасе земного тепла. Но закон неизбежен, и хотя спад температуры может быть медленным, все же он непрерывен и по прошествии веков обязательно должен привести к большим и важным результатам.

В нашу нынешнюю цель не входит предлагать какой-либо прогноз относительно изменений, которые обязательно должны возникнуть в результате этого процесса. В настоящее время мы скорее хотим оглянуться назад, в прошлое, и посмотреть, к каким последствиям мы можем прийти на законных основаниях. Такие промежутки времени, с которыми мы знакомы в обычной жизни или даже в обычной истории, для нашей нынешней цели совершенно незначительны. Поскольку наша земля ежедневно теряет внутреннее тепло или эквивалент тепла, вчера она, должно быть, содержала больше тепла, чем сегодня, в прошлом году больше, чем в этом, двадцать лет назад больше, чем десять лет назад. Эффект не был замечен в историческое время; но когда мы поднимаемся от сотен лет к тысячам, от тысяч лет к сотням тысяч лет и от сотен тысяч лет к миллионам лет, эффект не только замечен, но даже поразительной величины.

Должно быть, было время, когда земля содержала гораздо больше тепла, чем сейчас. Должно быть, было время, когда поверхность земли была ощутимо горячей из-за этого источника. Мы не можем претендовать на то, чтобы сказать, сколько тысяч или миллионов лет назад должна была быть эта эпоха; но мы можем быть уверены, что еще раньше земля была еще горячее, пока, наконец, нам не покажется, что температура повысилась до красного жара, от красного жара мы оглядываемся назад, в еще более раннюю эпоху, когда земля была раскалена добела, и дальше, пока не обнаружим, что поверхность нашего теперь уже твердого шара была фактически расплавленной. В настоящее время нам нет необходимости углубляться в ретроспективу, тем более нам нет необходимости пытаться определить вероятное происхождение этого тепла. Это, как будет замечено, не требуется в наших рассуждениях. Сейчас мы находим тепло, и мы знаем, что тепло теряется каждый день. Отсюда вывод, который мы уже сделали, кажется неизбежным, и, таким образом, мы возвращаемся к какой-то отдаленной эпохе в бездне прошедших времен, когда наша твердая земля была расплавленным и мягким шаром.

Капля росы на лепестке цветка почти шаровидная; но это не совсем глобус, потому что гравитация прижимает ее к цветку и несколько искажает форму. Падающая капля дождя - это земной шар; капля масла, взвешенная в жидкости, с которой она не смешивается, образует земной шар. Переходя от малого к великому, давайте попытаемся представить себе

огромный шар из расплавленного вещества. Пусть этот шар будет таким же большим, как земля, и пусть его материалы будут такими мягкими, чтобы подчиняться силам притяжения, оказываемым каждой частью земного шара на все остальные части. Не может быть никаких сомнений относительно эффекта этих притяжений; они будут стремиться сгладить любые неровности на поверхности точно так же, как поверхность океана становится гладкой, когда освобождена от беспокоящего воздействия ветра. Следовательно, мы могли бы ожидать, что наш расплавленный шар, изолированный от любого внешнего вмешательства, примет форму сферы.

Но теперь предположим, что эта огромная сфера, которую мы до сих пор считали находящейся в состоянии покоя, вынуждена вращаться вокруг оси, проходящей через ее центр. Нам не нужно предполагать, что эта ось является материальным объектом, и нас не интересуют какие-либо предположения относительно того, как была вызвана скорость вращения. Однако мы можем легко увидеть, каковы были бы последствия вращения. Сфера деформировалась бы, центробежная сила заставила бы расплавленное тело выпячиваться на экваторе и сплющиваться на полюсах. Чем больше скорость вращения, тем больше будет выпуклость. Для каждой скорости вращения будет соответствовать определенная степень выпуклости. Таким образом, расплавленная земля выпячивалась до такой степени, которая зависела от того факта, что она совершала оборот один раз в день. Теперь предположим, что земля, продолжая вращаться, начинает переходить из жидкого состояния в твердое. Форма, которую приняла бы земля при уплотнении, была бы, без сомнения, очень неправильной на поверхности; она была бы неправильной вследствие потрясений и взрывов, происходящих при трансформации такой могучей массы вещества; но какой бы неправильной она ни была, мы можем быть уверены, что в целом форма земной поверхности совпадала бы с формой, которую она приняла в результате движения вращения. Следовательно, мы можем объяснить выпуклую форму экватора Земли и можем сослаться на эту форму в подтверждение точки зрения, что этот земной шар когда-то находился в мягком или расплавленном состоянии.

Этот аргумент можно поддержать и проиллюстрировать, сравнив форму нашей земли с формами некоторых других небесных тел. Солнце, например, кажется почти идеальным шаром. Никакие измерения, которые мы можем произвести, не показывают, что полярный диаметр солнца меньше экваториального диаметра. Но это то, чего мы могли ожидать. Несомненно, солнце вращается вокруг своей оси, и, поскольку именно вращение вызывает выпуклость, почему вращение не должно было деформировать солнце, как землю? Вероятность такова, что разница между двумя диаметрами солнца действительно существует, но эта разница слишком мала, чтобы мы могли ее измерить. Невозможно не связать это с *медленностью* вращения солнца. Солнцу требуется двадцать пять дней, чтобы совершить полный оборот, и выпуклость, соответствующая столь низкой скорости, незаметна.

С другой стороны, когда мы смотрим на одну из быстро вращающихся планет, мы получаем совсем другой результат. Давайте возьмем очень яркий пример, который представлен на большой планете Юпитер. При взгляде в телескоп сразу видно, что Юпитер не является шаром. Разница настолько заметна, что нет необходимости в точных измерениях, чтобы показать, что полярный диаметр Юпитера меньше экваториального. Изменение Юпитером истинно сферической формы действительно намного больше, чем удаление Земли. Невозможно не связать это с гораздо более быстрым вращением Юпитера. Вскоре нам придется посвятить отдельную главу рассмотрению этого великолепного шара. Однако мы можем пока предвосхитить то, что мы тогда скажем, и заявить, что время обращения

Юпитера составляет менее десяти часов, и это несмотря на тот факт, что Юпитер более чем в тысячу раз больше Земли. Его чрезвычайно быстрое вращение привело к тому, что он заметно выпукл на экваторе.

Когда обзор нашей земли и измерение ее размеров завершены, следующей операцией астронома является определение ее веса. Вот, действительно, проблема, которая истощает ресурсы науки до предела. О недрах земли мы знаем мало — я бы даже сказал, что мы не знаем ничего. Несомненно, мы прокладываем глубокие шахты в земле. Эти шахты позволяют нам проникать на полмили или даже на целую милю вглубь страны. Но, в конце концов, это всего лишь самая незначительная попытка исследовать недра земли. Что такое продвижение в одну милю по сравнению с расстоянием до центра земли? Это всего лишь примерно одна четырехтысячная часть целого. Наши знания о земле простираются лишь на совершенно незначительную глубину под поверхностью, и мы не имеем представления о том, какова может быть природа нашего земного шара всего в нескольких милях ниже того места, где мы стоим. Учитывая, таким образом, наше почти полное незнание твердого состава земли, не кажется ли безнадёжной задачей попытка взвесить весь земной шар? И все же эта проблема была решена, и результат известен — конечно, не с точностью, достигнутой в других астрономических исследованиях, но все же с приемлемым приближением.

Нет необходимости выражать массу земли в наших обычных единицах измерения. Перечисление миллиардов тонн не производит какого-либо определенного впечатления. Гораздо естественнее сравнить массу земли с массой такого же водного шара. Мы должны быть готовы обнаружить, что наша земля была тяжелее аналогичного объема воды. Скалы, образующие его поверхность, тяжелее, масса за массой, чем океаны, покоящиеся на этих скалах. Обилие металлов в земле, постепенное увеличение плотности земли, которое должно быть вызвано огромным давлением на больших глубинах, — все эти соображения подготовят нас к тому, что земля намного тяжелее водного шара такого же размера.

Ньютон предположил, что масса земли в пять-шесть раз больше массы воды. Нетрудно увидеть, что такое предположение правдоподобно. Горные породы и материалы на поверхности обычно примерно в два-три раза тяжелее воды, но плотность внутренних слоев должна быть намного больше. Есть веские основания полагать, что в отдаленных глубинах земли содержится очень большая доля железа. Железная земля весила бы примерно в семь раз больше, чем такой же шар с водой. Таким образом, мы приходим к выводу, что вес земли должен быть, вероятно, в три, а возможно, и в семь раз меньше веса такого же объема воды; и, следовательно, устанавливая плотность между пятью и шестью, Ньютон принял результат, правдоподобный на данный момент, и с тех пор доказанный, что он, вероятно, верен. Было предложено несколько методов, с помощью которых этот важный вопрос может быть решен с высокой точностью. Из всех этих методов мы опишем здесь только один, поскольку он весьма примечательным образом иллюстрирует закон всемирного тяготения.

В главе о тяготении указывалось, что интенсивность этого взаимодействия между двумя массами средних размеров была чрезвычайно незначительной, и трудность взвешивания земли возникает по этой причине. Практическое применение процесса затруднено множеством деталей, которые нам нет необходимости рассматривать в настоящее время. Принцип процесса достаточно прост. Чтобы придать определенность нашему описанию, представим себе большой глобус около двух футов в диаметре; и поскольку желательно, чтобы этот глобус был как можно тяжелее, предположим, что он сделан из свинца.

Маленький шар, поднесенный близко к большому, притягивается силой притяжения. Величина этого притяжения чрезвычайно мала, но, тем не менее, его можно измерить с помощью усовершенствованного процесса, который делает ощутимыми чрезвычайно малые силы. Интенсивность притяжения зависит как от массы глобусов, так и от расстояния между ними, а также от силы притяжения. Мы также можем легко измерить притяжение земли к маленькому глобусу. На самом деле это не что иное, как вес маленького земного шара в обычном понимании этого слова. Таким образом, мы можем сравнить притяжение, создаваемое свинцовым шаром, с притяжением, создаваемым землей.

Если бы центр земли и центр свинцового шара находились на одинаковом расстоянии от притягиваемого тела, то интенсивность их притяжения сразу же дала бы соотношение их масс простой пропорцией. В этом случае, однако, все не так просто: свинцовый шар находится всего в нескольких дюймах от притягиваемого шара, в то время как центр земного притяжения находится почти в 4000 милях от центра земли. Необходимо учитывать эту разницу, и притяжение свинцовой сферы должно быть уменьшено до того, каким оно было бы, если бы она была удалена на расстояние 4000 миль. К счастью, этого можно добиться простым вычислением, основанным на общем законе, согласно которому интенсивность гравитации изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния. Таким образом, частично путем расчетов, частично экспериментально мы можем сравнить интенсивность притяжения свинцового шара с притяжением земли. Известно, что притяжение пропорционально массам, так что были измерены сравнительные массы земли и свинцового шара; и было установлено, что земля примерно вдвое тяжелее, чем был бы шар из свинца такого же размера. Таким образом, мы можем окончательно утверждать, что масса земли примерно в пять с половиной раз больше массы водного шара, равного ей по объему.

В главе о гравитации мы упоминали тот факт, что тело, падающее вблизи поверхности земли, за первую секунду пролетает шестнадцать футов. Это расстояние немного различается в разных частях земли. Если бы земля была идеальной сферой, то притяжение было бы одинаковым во всех частях, и тело падало бы везде на одинаковое расстояние. Земля не круглая, поэтому расстояние, которое пролетает тело за одну секунду, в разных местах немного отличается. На полюсе радиус земли короче, чем на экваторе, и, соответственно, притяжение земли на полюсе больше, чем на экваторе. Если бы у нас были точные измерения, показывающие расстояние, на которое тело может упасть за одну секунду как на полюсе, так и на экваторе, у нас были бы средства определения формы земли.

Однако трудно правильно измерить расстояние, на которое упадет тело за одну секунду. Поэтому мы были вынуждены прибегнуть к другим средствам для определения силы притяжения земли на экваторе и других доступных частях ее поверхности. Принятые методы основаны на маятнике, который, возможно, является самым простым и, безусловно, одним из самых полезных философских инструментов. Идеальный маятник - это небольшой и тяжелый груз, подвешенный к неподвижной точке на тонкой и гибкой проволоке. Если мы отведем маятник в сторону от его вертикального положения, а затем отпустим его, гиря будет раскачиваться взад-вперед.

Для своего перемещения туда-сюда маятнику требуется небольшой промежуток времени. Очень примечательно, что этот период существенно не зависит от длины дуги окружности, по которой качается маятник. Чтобы проверить этот закон, мы подвесим другой маятник рядом с первым, причем оба будут одинаковой длины. Если мы отведем оба маятника в сторону, а затем отпустим их, они качнутся вместе и вернуться вместе. Этого можно было ожидать. Но если мы сильно отведем один маятник в одну сторону, а другой - лишь немного, два маятника все равно будут качаться в согласии. Этого, возможно, никто не ожидал.

Попробуйте это снова, с еще большей разницей в дуге вибрации, и все равно мы увидим, что два веса совершают взмах в одно и то же время.

Мы можем разнообразить эксперимент другим способом. Давайте изменим гири на маятниках, чтобы они были разного размера, хотя оба из железа. Найдём ли мы какую-либо разницу в периодах вибрации? Мы пробуем снова: период такой же, как и раньше; раскачиваем их по разным дугам, большим или маленьким, период остается тем же. Но можно сказать, что это связано с тем, что обе гири сделаны из одного и того же материала. Попробуйте еще раз, используя свинцовую гирю вместо одной из железных; результат будет идентичным. Даже у деревянного шара период колебаний такой же, как у железного шара, и это верно независимо от того, по какой дуге проходит вибрация.

Если, однако, мы изменим *длину* проволоки, с помощью которой поддерживается груз, то период не останется неизменным. Это можно очень легко проиллюстрировать. Возьмем короткий маятник с проволокой длиной всего в четверть длины длинного; подвесим их близко друг к другу и сравним периоды колебаний короткого маятника с периодом колебания длинного, и мы обнаружим, что у первого период колебаний всего вдвое меньше, чем у второго. Мы можем сформулировать результат в общих чертах и сказать, что время колебания маятника пропорционально квадратному корню из его длины. Если мы увеличим длину подвесного шнура в четыре раза, мы удвоим время его вибрации; если мы увеличим длину маятника в девять раз, мы увеличим период его вибрации в три раза.

Качаться маятник заставляет земное притяжение. Чем сильнее притяжение, тем быстрее будет колебаться маятник. Это легко объяснить. Если земля притягивает вес вниз очень сильно, время будет коротким; если сила притяжения земли будет уменьшена, то она не сможет притягивать вес вниз так быстро, и период будет удлинен.

Время колебания маятника можно определить с большой точностью. Позвольте ему совершить 10000 колебаний и измерьте время, затраченное на эти колебания. Дуга, по которой раскачивается маятник, возможно, оставалась не совсем постоянной, но это не оказывает заметного влияния на *время* его колебаний. Предположим, что при определении времени 10 000 колебаний допущена ошибка в секунду; это повлечет за собой ошибку только в десятитысячную долю секунды при определении времени одного колебания и позволит соответственно точно определить силу тяжести в том месте, где проводился эксперимент.

Направьте маятник к экватору. Позвольте ему совершить 10 000 колебаний и тщательно определите *время* которое потребовалось для этих колебаний. Перенесите тот же маятник в другую часть земли и повторите эксперимент. Таким образом, у нас есть средство сравнения силы тяжести в двух местах. Несомненно, необходимо соблюдать множество мер предосторожности, которые здесь нас не должны касаться. Нет необходимости вдаваться в подробности ни относительно способа, которым должно поддерживаться движение маятника, ни относительно влияния изменений температуры на изменение его длины. Нам будет достаточно увидеть, как можно точно измерить время колебания маятника и как на основе этого измерения можно рассчитать силу притяжения.

Таким образом, маятник позволяет нам производить гравитационную съемку поверхности земли с высочайшей степенью точности. Однако мы не можем сделать вывод, что только гравитация влияет на колебания маятника. Мы видели, как земля вращается вокруг своей оси, и приписали этому влиянию выпуклость земли на экваторе. Но центробежная сила, возникающая при вращении, приводит к уменьшению кажущегося веса тел, и это изменение наиболее сильно на экваторе и постепенно уменьшается по мере приближения к полюсам. Только по этой причине притяжение маятника на экваторе меньше, чем в других местах, и

поэтому колебания маятника там будут длиться дольше, чем в других местах.

Соответственно, часть видимого изменения силы тяжести происходит из-за центробежной силы; но, кроме того, происходит реальное изменение.

В нашей работе по астрономии не входит в наши задачи вдаваться в дальнейшие подробности о нашей планете. Поверхность Земли, ее контуры и океаны, горные цепи и реки предназначены для физического географа; в то время как ее горные породы и их содержимое, ее вулканы и землетрясения должны изучаться геологами и физиками.

ГЛАВА X.

МАРС.

Наши ближайшие соседи на Небесах—Поверхность Марса можно рассмотреть в телескоп—Замечательная орбита Марса—Сходство Марса со звездой—Значение противостояния—Эксцентриситет орбиты Марса—Различные противостояния Марса—Видимые движения планеты—Влияние движения Земли—Измерение расстояния до Марса—Теоретическое исследование расстояния до Солнца—Рисунки планеты—Есть ли снег на Марсе?—Вращение планеты—Гравитация на Марсе—Есть ли у Марса спутники?—Проф . Великое открытие Асафа Холла — Вращение спутников — Деймоса и Фобоса — "Путешествия Гулливера".

Особое отношение, в котором мы находимся к одной планете нашей системы, потребовало несколько иного отношения к этому глобусу, чем к другим. Мы обсуждали Меркурий и Венеру как отдаленные объекты, известные главным образом благодаря телескопическим исследованиям и расчетам, основой которых были астрономические наблюдения. Наши знания о Земле носят иной характер и достигаются иным путем. И все же для симметрии было необходимо, чтобы мы обсуждали землю после планеты Венера, чтобы определить ее истинное положение в солнечной системе. Но теперь, когда в нашем внешнем продвижении от солнца Земля пройдена, мы подходим к планете Марс; и здесь мы снова возвращаемся, хотя и в несколько измененной форме, к методам, которые были применимы к Венере и Меркурию.

Венера и Марс, с одной точки зрения, предъявляют довольно своеобразные претензии к нашему вниманию. Они являются нашими ближайшими планетарными соседями с обеих сторон. Естественно, мы можем ожидать, что узнаем о них больше, чем о других планетах, расположенных дальше. Однако в случае Венеры это предположение вряд ли может быть реализовано, поскольку, как мы уже указывали, ее плотная атмосфера не позволяет нам провести удовлетворительное телескопическое исследование. Когда мы обращаемся к нашему другому планетарному соседу, Марсу, мы получаем возможность многое узнать о его внешности. Действительно, за исключением Луны, мы лучше знакомы с деталями поверхности Марса, чем с деталями любого другого небесного тела.

Эта прекрасная планета предлагает множество особенностей для рассмотрения, помимо тех, которые представлены ее физической структурой. Орбита Марса имеет замечательные пропорции, и именно благодаря наблюдениям за этой орбитой были открыты знаменитые законы Кеплера. Во время случайных сближений Марса с землей стало возможным точно измерять его расстояние, и, таким образом, возник другой метод определения расстояния до

Солнца, который, мягко говоря, может соперничать по точности с тем, который обеспечивается прохождением Венеры. Следует также отметить, что величайшим достижением чисто телескопических исследований, свидетелем которых стало это столетие, было открытие спутников Марса.

Невооруженному глазу эта планета обычно кажется звездой первой величины. Обычно его можно отличить по его красному цвету, но новичок в астрономии не может полагаться только на его цвет для идентификации Марса. Есть несколько звезд, почти, если не совсем, таких же красных, как этот шар. Яркую звезду Альдебаран, самую яркую звезду в созвездии Быка, часто ошибочно принимали за планету. Она часто напоминает Бетельгейзе, блестящую точку в созвездии Ориона. Ошибки такого рода будут невозможны, если ученик сначала изучит основные созвездия и наиболее яркие звезды. Тогда он обнаружит большой интерес к отслеживанию положения планет и наблюдению за их непрерывным движением.

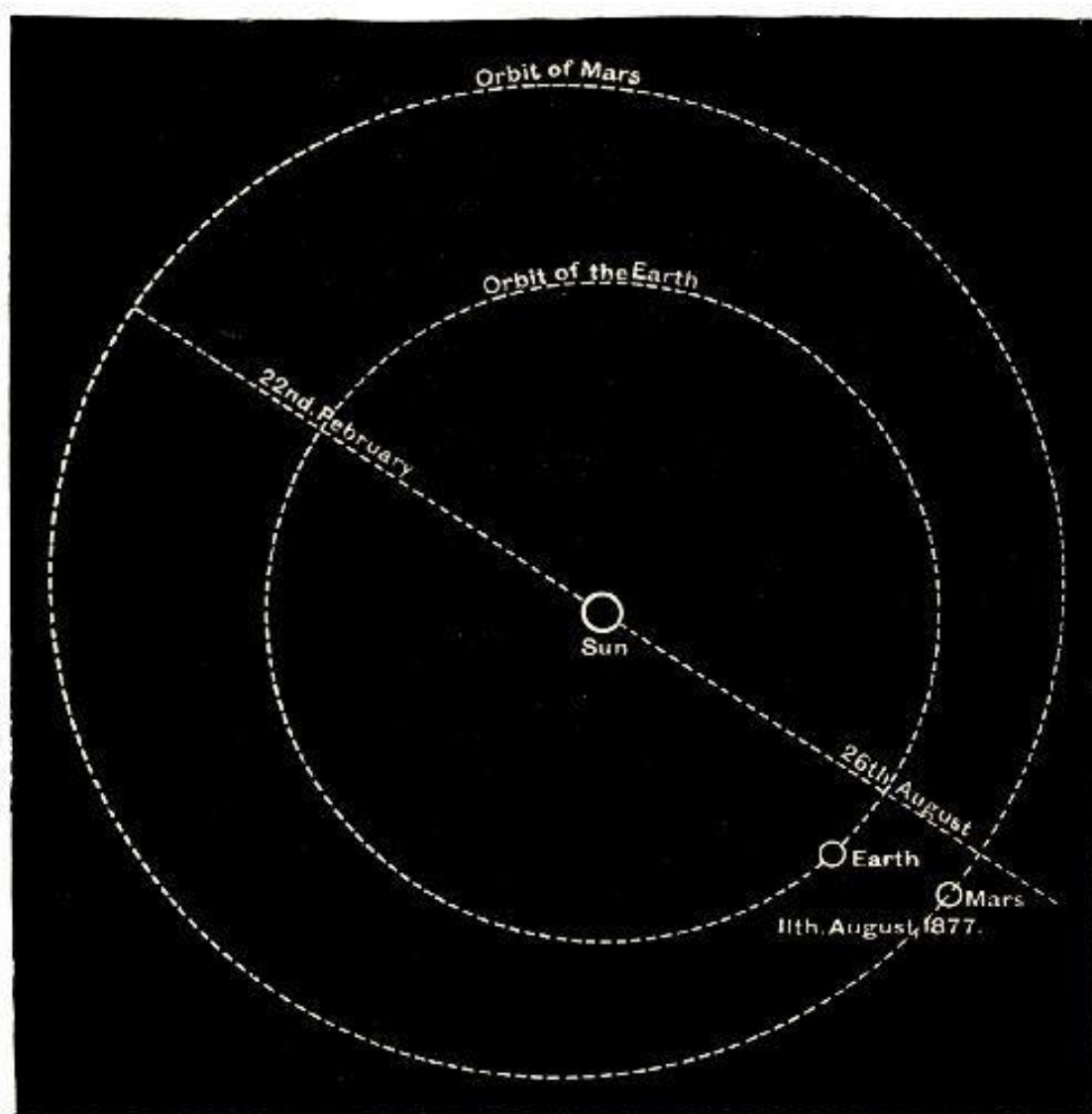


Рис. 48.

Орбиты Земли и Марса, показывающие благоприятное противостояние в 1877 году.

Положение каждого светила всегда можно определить по календарю. Иногда планета находится слишком близко к солнцу, чтобы ее можно было разглядеть. Она будет восходить вместе с солнцем и заходить вместе с солнцем, и, следовательно, ночью не будет над

горизонтом. Лучшее время для наблюдения за одной из планет, расположенных подобно Марсу, будет во время так называемого противостояния. Такое положение вещей возникает, когда земля находится непосредственно между планетой и Солнцем. В этом случае расстояние от Марса до земли меньше, чем в любое другое время. Есть также еще одно преимущество в наблюдении за Марсом во время противостояния. Таким образом, планета находится с одной стороны от земли, а солнце - с противоположной, так что, когда Марс находится высоко в небесах, солнце находится прямо под землей; другими словами, в полночь планета находится на наибольшей высоте над горизонтом. Однако некоторые оппозиции Марса гораздо более благоприятны, чем другие. Это отчетливо показано на рис. 48, который представляет орбиту Марса и орбиту Земли, точно нарисованную в масштабе. Будет видно, что, хотя орбита Земли очень близка к круговой, орбита Марса имеет весьма определенную степень эксцентриситета; действительно, за исключением орбиты Меркурия, орбита Марса имеет наибольший эксцентриситет из всех орбит более крупных планет нашей системы.

Величина противостояния Марса для телескопических целей будет сильно различаться в зависимости от обстоятельств. Благоприятными будут те противостояния, которые произойдут как можно ближе к 26 августа. Другая крайность будет обнаружена в противостоянии, которое произойдет около 22 февраля. В последнем случае расстояние между планетой и землей почти вдвое больше, чем в первом. Последнее противостояние, которое подходило для работы высочайшего класса, состоялось в 1877 году. Марс был тогда великолепным объектом, которому уделялось много и заслуженно внимания. Благоприятные противостояния следуют друг за другом с несколько неравномерными интервалами; последнее произошло в 1892 году, а еще одно произойдет в 1909 году.

Видимые движения Марса отнюдь не просты. Мы можем представить себе смущение первого астронома, который первым взялся за задачу расшифровки этих движений. Планета видна как блестящий и заметный объект. Она привлекает внимание астронома; он внимательно смотрит и видит, что она находится среди созвездий, с которыми он знаком. Несколько ночей спустя он снова наблюдает то же самое тело; но точно ли оно в том же месте? Он думает, что нет. Он отмечает более тщательно, чем раньше, местоположение планеты. Он видит, как он расположен относительно звезд. Снова, через несколько дней, его наблюдения повторяются. На этот счет больше нет ни малейших сомнений — Марс решительно изменил свое положение. Это настоящий странник.

Ночь за ночью первобытный астроном находится на своем посту. Он отмечает изменения на Марсе. Он видит, что теперь он движется даже быстрее, чем это было вначале. Завершит ли она кругооборот небес? Астроном решает понаблюдать за орбитой и посмотреть, оправдано ли это предположение. Он выполняет свою задачу ночь за ночью, и наконец ему начинает казаться, что тело движется не так быстро, как вначале. Еще несколько ночей, и он убедится в том, что планета движется медленнее. Проходит еще несколько ночей, и он начинает подозревать, что движение может прекратиться; через короткое время движение действительно прекращается, и объект, кажется, успокаивается; но будет ли он оставаться в покое вечно? Завершилось ли ее долгое путешествие? В течение многих ночей казалось, что так оно и есть, но в конце концов астроном заподозрил, что планета, должно быть, начинает двигаться в обратном направлении. Еще несколько ночей, и факт подтвердится вне всякого сомнения, и будет совершенно экстраординарное открытие прямого и ретроградного движения Марса.

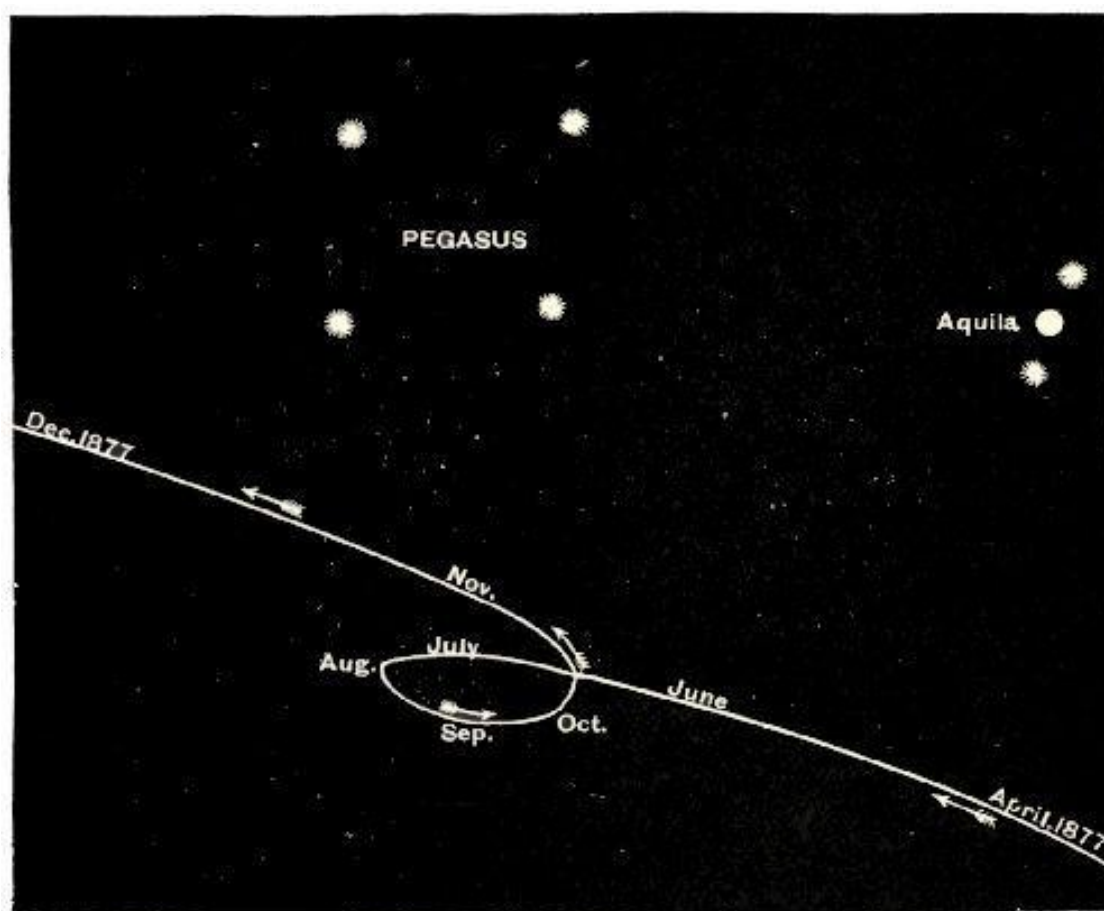


Рис. 49.—

Видимые движения Марса в 1877 году.

На большей части своего путешествия по небу Марс, кажется, неуклонно движется с запада на восток. Фактически, он движется в обратном направлении, как движется Луна и как движется солнце. Только на сравнительно небольшой части своего пути он совершает те сложные движения, которые представлялись такой загадкой примитивному наблюдателю. На прилагаемом рисунке (рис. 49) мы показываем маршрут фактического путешествия, которое Марс совершил в противостоянии 1877 года. На рисунке показана только та часть его пути, которая имеет аномальные особенности; остальная часть орбиты проходит, правда, не с одинаковой скоростью, но в неизменном направлении.

Эта сложность видимых движений Марса на первый взгляд кажется фатальной для принятия любого простого и элементарного объяснения движения планет. Если бы движение Марса было чисто эллиптическим, то как, вполне можно сказать, он мог бы совершить эту экстраординарную эволюцию? Объяснение следует искать в том факте, что земля, на которой мы стоим, сама находится в движении. Даже если бы Марс находился в состоянии покоя, тот факт, что земля движется, создавал бы впечатление, что планета движется. Видимые движения Марса, таким образом, сочетаются с реальными движениями. Это обстоятельство не смутит геометра. Он способен отделить истинное движение планеты от его связи с кажущимся движением и полностью объяснить сложные эволюции, демонстрируемые Марсом. Если бы мы могли перенести нашу точку зрения с постоянно меняющейся земли на неподвижную точку зрения, мы бы тогда увидели, что форма орбиты Марса представляет собой эллипс, описываемый вокруг солнца в соответствии с законами, которые Кеплер открыл в результате наблюдений за этой планетой.

Марсу требуется 687 дней, чтобы совершить оборот вокруг Солнца, при этом его среднее расстояние от этого тела составляет 141 500 000 миль. При наиболее благоприятных

обстоятельства планета в момент противодействия может приблизиться к земле на расстояние, не превышающее примерно 35 500 000 миль. Несомненно, это расстояние кажется огромным, если оценивать его по любому стандарту, приспособленному для земных измерений; однако оно едва ли больше расстояния до ближайшей Венеры и намного меньше расстояния от земли до солнца.

Мы объяснили, как *форма* солнечной системы известна из законов Кеплера, и как абсолютный размер системы и ее различных частей может быть известен после прямого измерения любой части. Близкое приближение Марса дает благоприятную возможность измерить расстояние до него и, таким образом, по-другому решить ту же проблему, что и при прохождении Венеры. Таким образом, мы во второй раз приходим к знанию расстояния до Солнца и планет в целом, а также ко многим другим числовым фактам о Солнечной системе.

По случаю противостояния Марса в 1877 году была предпринята успешная попытка применить этот усовершенствованный процесс к решению проблемы измерения небесных тел. Нельзя сказать, что это был первый случай, когда этот метод был предложен или даже практически опробован. Однако наблюдения 1877 года были проведены с таким мастерством и с таким пристальным вниманием к необходимым мерам предосторожности, что сделали их важным вкладом в астрономию. Доктор Дэвид Гилл, ныне астроном ее Величества на мысе Доброй Надежды, предпринял путешествие на остров Вознесения с целью наблюдения параллакса Марса в 1877 году. В этом случае Марс приблизился к земле настолько близко, что предоставил замечательную возможность для применения этого метода. Доктору Джиллу удалось получить ценную серию измерений, и на их основе он определил расстояние до Солнца с точностью, несколько превосходящей ту, которая достигается при прохождении Венеры.

Существует еще один метод, с помощью которого можно заставить Марс сообщать нам информацию о расстоянии до солнца. Этот метод отличается некоторой деликатностью и интересен своей связью с самыми возвышенными исследованиями в математической астрономии. Это было предвосхищено в динамической теории Ньютона и доведено до совершенства Леверье. Он основан на великом законе всемирного тяготения и тесно связан с великолепными открытиями в области планетарных возмущений, которые составляют столь поразительную главу в современных астрономических открытиях.

Существует определенная связь между двумя величинами, которые на первый взгляд кажутся совершенно независимыми. Этими величинами являются масса Земли и расстояние до Солнца. Расстояние до солнца соответствует определенному расстоянию (которое может быть рассчитано, когда мы знаем интенсивность гравитации на поверхности Земли, размер земли и продолжительность года) в той же пропорции, в какой кубический корень из массы солнца относится к кубическому корню из массы земли. В этом результате нет никакой неопределенности, и следствие очевидно. Если у нас есть средства взвешивания земли по сравнению с Солнцем, то расстояние до солнца может быть определено немедленно. Как нам положить нашу великую землю на весы? Это проблема, которую Леверье показал нам, как решить, и он делает это, призывая на помощь планету Марс.

Если бы Марс в своем обращении вокруг Солнца вращался исключительно под действием солнечного притяжения, он, в соответствии с хорошо известными законами движения планет, всегда следовал бы по одной и той же эллиптической траектории. По прошествии одного столетия или даже многих столетий форма, размер и положение этого эллипса останутся неизменными. К счастью для нашей нынешней цели, возмущение на орбите

Марса вызвано Землей. Хотя масса нашего земного шара намного меньше массы Солнца, все же Земля все еще достаточно велика, чтобы оказывать заметное притяжение на Марс. Следовательно, эллипс, описываемый планетой, не является неизменным. Форма этого эллипса и его положение постепенно меняются, так что положение планеты в некоторой степени зависит от массы Земли. Место, в котором находится планета, может быть определено путем наблюдения; место, которое занимала бы планета, если бы земля отсутствовала, может быть найдено путем расчетов. Разница между ними обусловлена притяжением земли, и, когда она будет измерена, можно будет определить массу земли. Величина перемещений увеличивается от столетия к столетию, но поскольку темпы роста невелики, необходимы древние наблюдения, позволяющие проводить точные измерения.

Замечательное событие, произошедшее более двух столетий назад, к счастью, позволяет с большой точностью определить местоположение Марса на ту дату. 1 октября 1672 года три независимых наблюдателя стали свидетелями затмения красной планеты звездой в созвездии Водолея. Местоположение звезды известно с точностью, и, следовательно, мы располагаем средствами указания точной точки на небе, занимаемой Марсом в рассматриваемый день. Из этого результата в сочетании с современными наблюдениями за меридианами мы узнаем, что смещение Марса под действием притяжения земли по прошествии двух столетий выросло примерно до пяти минут дуги (294 секунды). Утверждалось, что это не может быть ошибкой более чем на секунду, и отсюда следовало бы, что масса земли определяется примерно в одной трехсотой части от ее величины. Если бы не было никакой другой ошибки, это дало бы расстояние до солнца примерно в одну девятисотую часть.

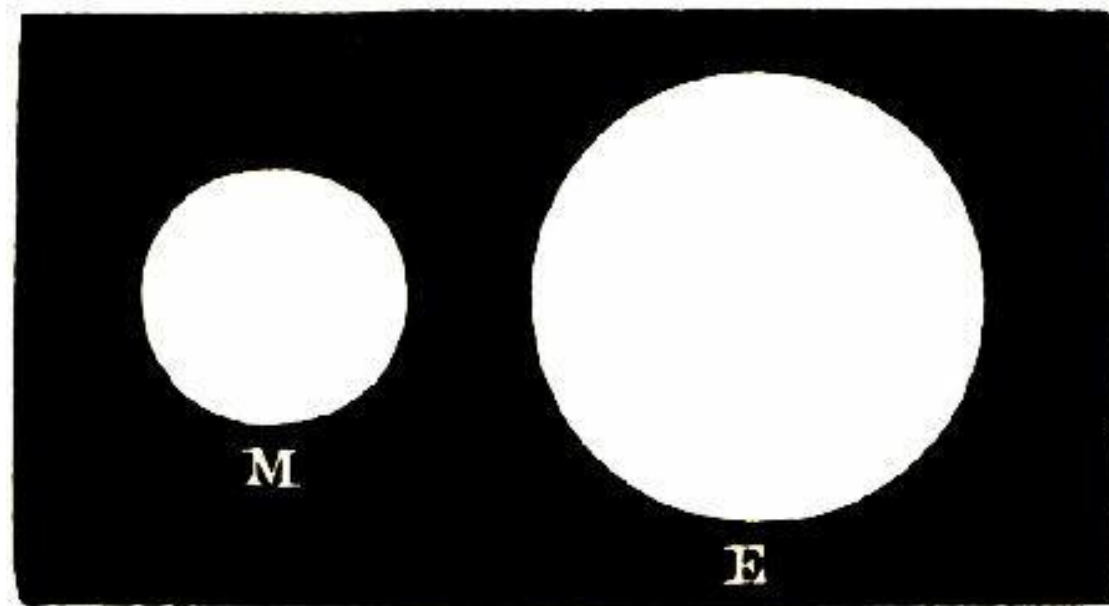
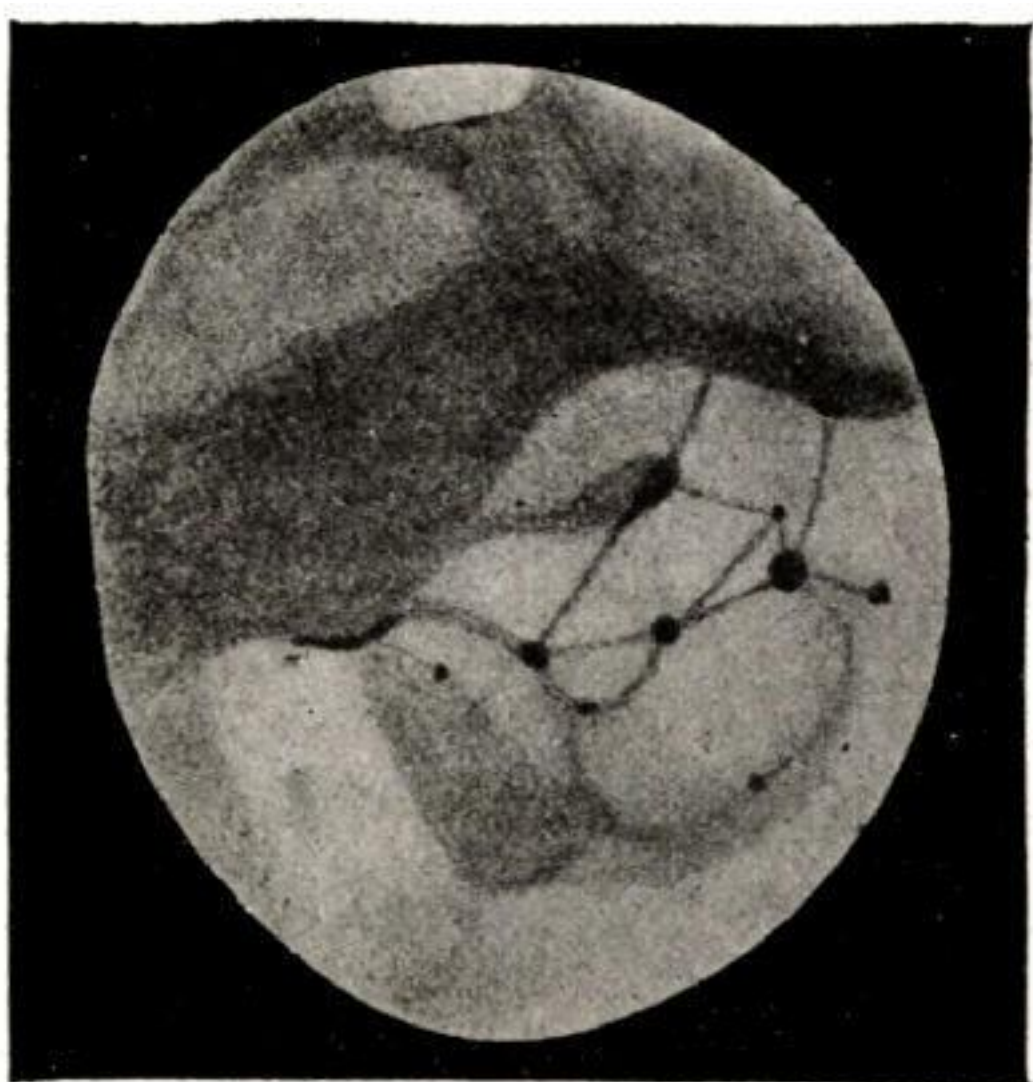


Рис.

50. Относительные размеры Марса и Земли.

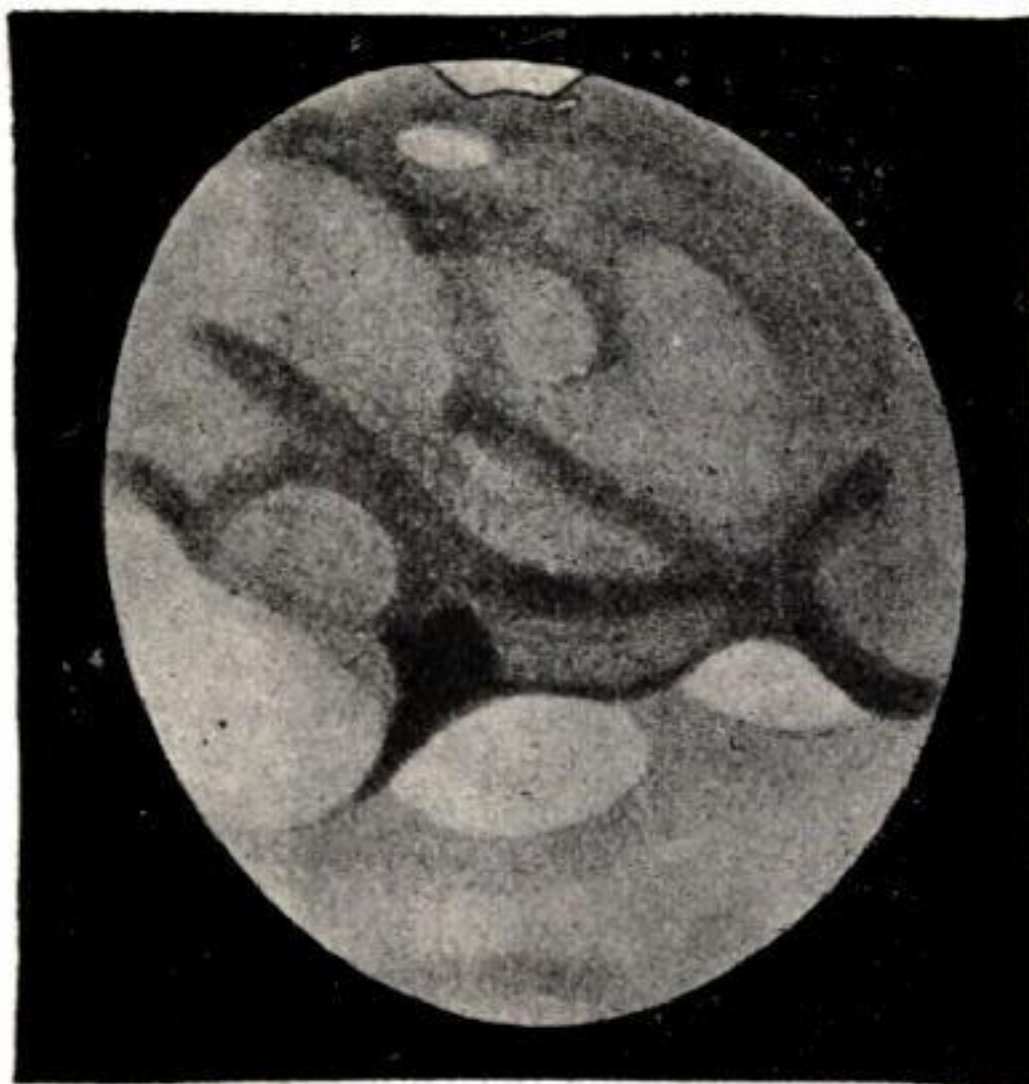
Несмотря на внутреннюю красоту этого метода и очень высокое покровительство, под которым он был внедрен, мы думаем, что в настоящее время на него вряд ли стоит полагаться по сравнению с некоторыми другими методами. Поскольку смещение Марса из-за возмущающего влияния земли постоянно увеличивается, оно в конечном итоге достигнет достаточной величины, чтобы дать очень точное значение массы Земли, и тогда этот метод даст нам расстояние до солнца с большой точностью. Но каким бы интересным и красивым ни был этот метод, мы все же должны рассматривать его скорее как поразительное

подтверждение закона всемирного тяготения, чем как предоставление точного средства измерения расстояния до Солнца.



Марса (30 июля 1894 г.).

Рис. 51.—Рисунок



Марса (16 августа 1894 г.).

Рис. 52.—Рисунок

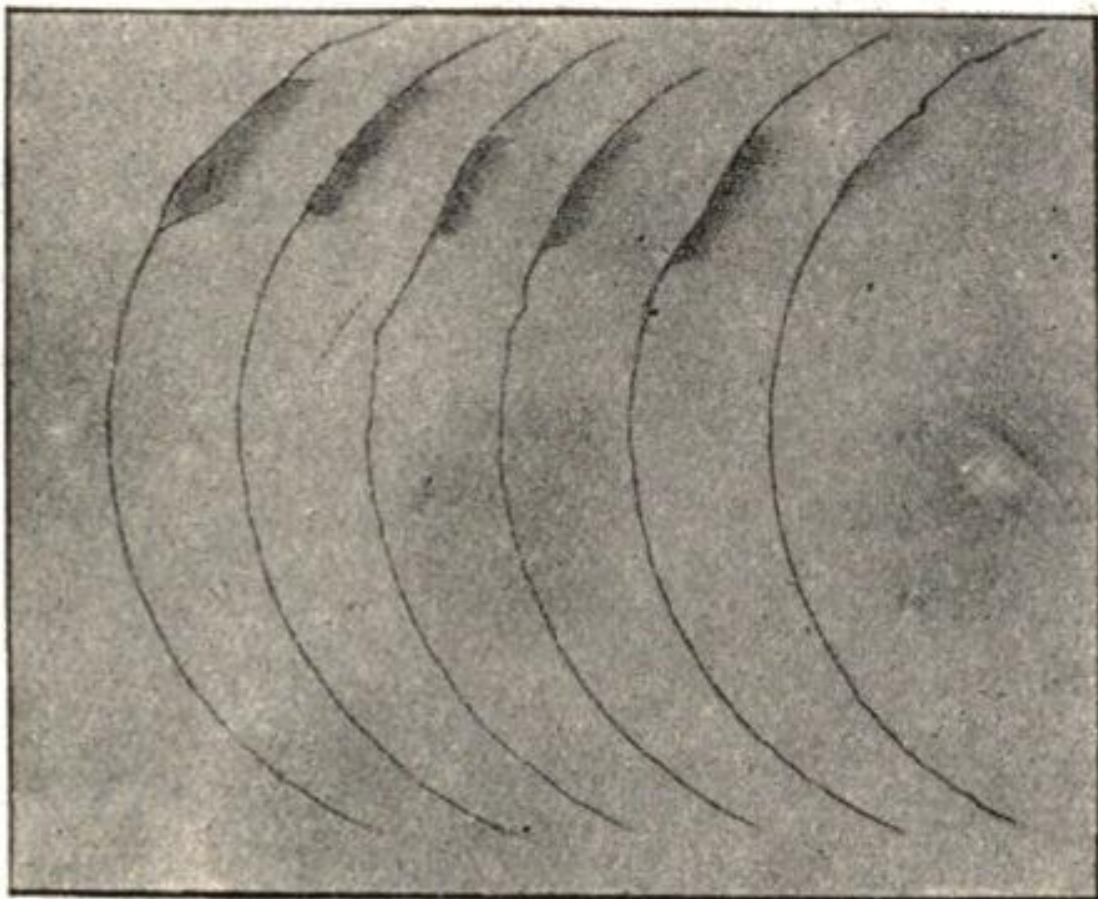


Рис. 53.

Возвышения и впадины на "Терминаторе" Марса (24 августа 1894 г.).



Рис. 54. — Южная

полярная шапка Марса (1 июля 1894 г.).

Близкое приближение Марса к земле дает нам возможность внимательно изучить его поверхность в телескоп. Не следует ожидать, что детали на Марсе могут быть изучены с такой же тщательностью, как на Луне. Даже при самых благоприятных обстоятельствах Марс все равно более чем в сто раз дальше Луны, и, следовательно, очертания планеты должны быть по меньшей мере в сто раз больше, если мы хотим, чтобы они были видны так же отчетливо, как очертания Луны. Марс намного меньше, чем Земля. Диаметр планеты составляет 4200

милей, чем немногим больше половины диаметра Земли. На рис. 50 показаны сравнительные размеры двух тел. Здесь мы воспроизводим два замечательных рисунка [16] Марса, сделанные профессором Уильямом Х. Пикерингом в обсерватории Лоуэлла, Флагстафф А.Т. Рис. 51 сделан 30 июля 1894 г., а рис. 52 - 16 августа 1894г.

Южная полярная шапка Марса, увиденная профессором Уильямом Х. Пикерингом в обсерватории Лоуэлла 1 июля 1894 года, представлена на рис. 54. [17] Будет замечена заметная черная метка, вторгающаяся в полярную область. На рис. 53 показан ряд необычно заметных возвышенностей и впадин на "терминаторе" планеты, нарисованных с максимально возможной точностью в масштабе той же умелой рукой 24 августа 1894 года.

При рассмотрении планеты следует отметить, что она не всегда обращена к наблюдателю одной и той же стороной, подобно Луне. Марс вращается вокруг оси точно так же, как и земля. Не мало примечательно, что период, необходимый Марсу для завершения одного оборота, должен быть всего примерно на полчаса больше периода вращения Земли. Точный период составляет 24 часа 37 минут $22\frac{3}{4}$ секунды. Отсюда следует, что аспект планеты меняется от часа к часу. Западная сторона постепенно исчезает из виду, восточная сторона постепенно приобретает видимость. За двенадцать часов вид планеты полностью меняется. Эти изменения вместе с неизбежными последствиями увеличения ракурса часто затрудняют соотнесение объектов на планете с теми, что изображены на картах. Последние, следует признать, уступают картам Луны в определенности; тем не менее, нет сомнений в том, что основные черты планеты следует считать полностью установленными, и некоторые астрономы дали названия всем выдающимся объектам.

Отметины на поверхности Марса бывают двух классов. Некоторые из них имеют железно-серый оттенок, граничащий с зеленым, в то время как другие обычно темно-желтые или оранжевые, иногда граничащие с белым. Обычно предполагалось, что первые изображают участки океана, вторые - континентальные массы на красной планете. У нас есть большое количество рисунков Марса, самый ранний из которых сделан в середине семнадцатого века. Хотя эти ранние наброски очень грубые и не представляют большой ценности для решения вопросов топографии, они были признаны очень полезными для определения периода вращения планеты вокруг своей оси путем сравнения с нашими современными рисунками.

Первые наблюдатели уже заметили, что каждый из полюсов Марса отличается белым пятном. Однако именно Уильяму Гершелю мы обязаны первым систематическим изучением этих замечательных полярных шапок. Этот прославленный астроном был вознагражден очень интересным открытием. Он обнаружил, что эти арктические участки на Марсе различаются как по протяженности, так и по отчетливости в зависимости от времени года в том полушарии, на котором они расположены. Они достигают максимального развития через три-шесть месяцев после зимнего солнцестояния на этой планете, а затем уменьшаются, пока не станут наименьшими примерно через три-шесть месяцев после летнего солнцестояния. Аналогия с поведением масс снега и льда, окружающих наши собственные полюса, полна, и до недавнего времени почти не было сомнений в том, что белые полярные пятна Марса в чем-то схожи по строению.

Поскольку период обращения Марса вокруг Солнца намного длиннее нашего года - 687 дней вместо 365, - времена года на планете, конечно, также намного длиннее земных. В северном полушарии Марса лето длится не менее 381 дня, а зима должна составлять 306 дней. В обоих полушариях белая полярная шапка в течение долгого зимнего сезона увеличивается, пока не достигнет диаметра от 45° до 50° , в то время как долгое лето сокращает ее до небольшой

площади всего в 4 ° или 5 ° в диаметре. Примечательно, что одна из этих белых областей — на южном полюсе — кажется не концентрической по отношению к полюсу, а расположена настолько сбоку, что южный полюс Марса кажется совершенно свободным ото льда или снега раз в год.

Хотя в течение девятнадцатого века было сделано много ценных наблюдений Марса, только после очень благоприятного противодействия в 1877 году изучение поверхности Марса достигло того огромного прогресса, который является одной из самых замечательных особенностей современной астрономии. Среди наблюдателей, сделавших ценные рисунки планеты в 1877 году, мы можем упомянуть мистера Грина, чьи изысканные снимки были опубликованы Королевским астрономическим обществом, и профессора Скиапарелли из Милана, который почти произвел революцию в наших знаниях об этой планете. В распоряжении Скиапарелли был рефрактор с отверстием всего восемь дюймов, но ему, несомненно, очень понравилась чистота итальянского неба, позволившая ему обнаружить на ярких участках поверхности Марса значительное количество длинных узких линий. Им он дал название каналов, поскольку они выходили из так называемых океанов и их можно было проследить через предполагаемые континенты на значительные расстояния, которые иногда достигали тысяч миль.

Каналы, казалось, образовывали своего рода сеть, соединявшую различные моря друг с другом. Некоторые из наиболее заметных из этих так называемых каналов действительно появились на некоторых рисунках, сделанных Дауэсом и другими до Скиапарелли. Однако именно знаменитый итальянский астроном обнаружил, что эти узкие линии присутствуют в таком большом количестве, что образуют заметную особенность планеты. Некоторые из этих замечательных особенностей показаны на рис. 51 и 52, которые скопированы с рисунков, сделанных профессором Уильямом Х. Пикерингом в Лоуэлловской обсерватории в 1894 году.

Каким бы великим ни было удивление астрономов, когда Скиапарелли впервые объявил об открытии этих многочисленных каналов, оно, пожалуй, было превзойдено изумлением, с которым было воспринято его заявление в 1882 году о том, что большинство каналов стали двойными. В период с декабря 1881 года по февраль 1882 года, по-видимому, имело место тридцать таких дубликатов. Девятнадцать из них были случаями формирования хорошо прослеживаемой параллельной линии вблизи ранее существовавшего канала. Остальные каналы были установлены менее определенно или представляли собой случаи, когда две линии казались не совсем параллельными. Копия карты Марса, которую Скиапарелли составил на основе своих наблюдений 1881-82 годов, приведена на рисунке XVIII. На нем отчетливо видны эти странные двойные каналы, столь непохожие ни на какие другие объекты, известные нам на земном шаре.

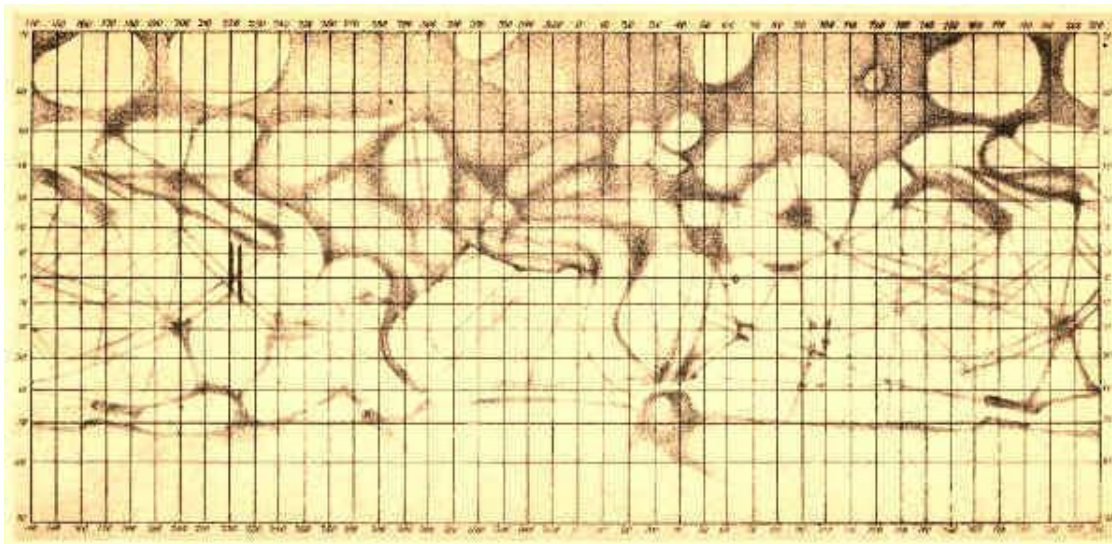


ФОТО XVIII.

КАРТА МАРСА СКИАПАРЕЛЛИ 1881-82 ГОДОВ.

Последующие наблюдения Скиапарелли и нескольких других наблюдателей, по-видимому, указывают на то, что это явление дублирования каналов носит периодический характер. Он создается примерно в то время, когда Марс проходит через свои равноденствия. Одна из двух параллельных линий часто как можно точнее накладывается на трассу старого канала. Однако иногда случается, что обе линии занимают противоположные стороны бывшего канала и расположены на совершенно новой территории. Расстояние между двумя линиями варьируется от примерно 360 миль как максимальное до наименьшего предела, различного в наши большие телескопы, который составляет что-то около тридцати миль. Ширина каждого из этих замечательных каналов может варьироваться от пределов видимости, скажем, до более чем шестидесяти миль.

Дублирование каналов, пожалуй, самая сложная проблема, которую Марс предлагает нам для решения. Даже если мы допустим, что каналы сами по себе представляют собой заливы или протоки, по которым растаявший полярный снег проникает через экваториальные континенты, нелегко понять, как могут возникнуть дублирующие каналы. Это особенно верно в тех случаях, когда первоначальный канал, кажется, исчезает и заменяется двумя совершенно новыми каналами, каждый шириной примерно с Ла-Манш и лежащий по одному с каждой стороны от русла старого. Весьма очевидное объяснение того, что все дублирование является оптическим обманом, выдвигалось не раз, но ни разу не было убедительным. Возможно, мы должны пока довольствоваться решением этого вопроса в надежде, что чрезвычайное внимание, которое сейчас привлекает эта планета, в свое время объяснит нынешнюю загадку.

Отметины на поверхности этой планеты, вообще говоря, носят постоянный характер, так что, когда мы сравниваем рисунки, сделанные сто или двести лет назад, с рисунками, сделанными совсем недавно, мы можем распознать в каждом из них одни и те же черты. Это постоянство, однако, далеко не столь абсолютное, как в случае с Луной. В дополнение к каналам, которые мы уже рассматривали, многие другие участки поверхности Марса время от времени меняют свои очертания. Это особенно верно в отношении тех темных пятен, которые мы называем океанами, контуры которых иногда претерпевают изменения в деталях, которые совершенно безошибочны. Изменения цвета часто наблюдаются в некоторых частях планеты, и хотя некоторые из этих наблюдений, возможно, можно отнести к влиянию нашей собственной атмосферы на внешний вид планеты, все они не могут быть

объяснены таким образом. Некоторые из этих явлений, безусловно, должны быть вызваны реальными изменениями, произошедшими на поверхности Марса.

В качестве примера таких изменений мы можем сослаться на северо-западную часть примечательного объекта, которому Скиапарелли дал название *Большой Сыртис*. [18] В разное время этот цвет был записан как серый, зеленый, синий, коричневый и даже фиолетовый. Когда эта область (примерно во время осеннего равноденствия в северном полушарии) расположена в середине видимого диска, восточная часть заметно зеленее западной. С течением сезона этот характерный цвет становится слабее, пока зеленый оттенок не становится заметен только на берегах Сиртиса. Атмосфера Марса обычно очень прозрачна и, к счастью, позволяет нам внимательно изучать поверхность планеты, не создавая препятствий в виде марсианских облаков. Однако такие облака не всегда отсутствуют. Наш обзор поверхности иногда загораживается таким образом, что становится очевидным, что причиной проблемы должны быть облака или туман в атмосфере Марса.

Если бы мы составили представление о физическом строении поверхности Марса, то вопрос о характере атмосферы планеты был бы рассмотрен одним из первых. Спектроскопические наблюдения в данном случае не оказывают нам большой помощи. Конечно, мы знаем, что планета не обладает собственным светом. Она просто сияет отраженным солнечным светом. Полушарие, обращенное к солнцу, яркое, а полушарие, отвернутое от солнца, темное. Следовательно, спектр должен, подобно спектру Луны, быть точной, хотя и слабой копией солнечного спектра, если только солнечные лучи, дважды проходя через атмосферу Марса, не подверглись некоторому поглощению, которое могло привести к появлению дополнительных темных линий. Некоторые из более ранних наблюдателей думали, что они могут отчетливо различить некоторые такие линии из-за, как предполагалось, водяного пара. Наличие таких линий, однако, отрицается мистером Кэмпбеллом из обсерватории Лик и профессором Килером из обсерватории Аллегейни, [19] которые, с их непревзойденными возможностями, как инструментальными, так и климатическими, не смогли обнаружить различия между спектрами Марса и Луны. Если бы у Марса была атмосфера значительной протяженности, ее поглощающий эффект должен был бы быть заметен, особенно на оконечности планеты; но наблюдения мистера Кэмпбелла не показывают какого-либо повышенного поглощения на оконечности. Таким образом, может показаться, что Марс не может иметь обширной атмосферы, и этот вывод подтверждается несколькими другими способами.

Четкость, с которой мы видим поверхность этой планеты, показывает, что атмосфера, должно быть, очень разреженная по сравнению с нашей собственной. Вряд ли может быть какое-либо сомнение в том, что наблюдатель на Марсе с хорошим телескопом не смог бы различить большую часть особенностей земной поверхности. Это было бы так не только из-за сильного поглощения света при двойном прохождении через нашу атмосферу, но и из-за большого рассеяния света, вызванного той же самой атмосферой. Кроме того, нет необходимости говорить, что огромное количество облаков, обычно плавающих над землей, полностью скрыло бы многие части нашей планеты от марсианского наблюдателя. Но хотя, как уже упоминалось, мы иногда обнаруживаем, что части Марса становятся нечеткими, следует признать, что облачность на Марсе очень слабая. Нам следовало бы ожидать, что полярные шапки, если они состоят из снега, при таянии будут образовывать облака, которые более или менее скроют полярные регионы от нашего наблюдения; однако ничего подобного мы никогда не видели.

Мы видели, что существуют очень серьезные сомнения относительно существования воды на Марсе. Без сомнения, мы часто говорили о темных отметинах как об "океанах", а о светлых

частях как о "континентах". То, что этот язык был справедливым, было мнением астрономов в течение очень долгого времени. Несколько лет назад мистер Шеберле из обсерватории Лика пришел к совершенно противоположному выводу. Он утверждал, что темные части - это континенты, а светлые - океаны воды или какой-то другой жидкости. Он указал на неравномерное затенение темных частей, которое не наводит на мысль о свете, отраженном от сферической поверхности воды, тем более что контраст между светом и тенью наиболее силен примерно в середине диска.

Следует также отметить, что темные области нередко пересекаются еще более темными полосами, которые можно проследить на сотни миль почти по прямым линиям, в то время как так называемые каналы в светлых частях часто кажутся продолжениями этих же линий. Поэтому м-р Шеберле предполагает, что каналы могут быть горными цепями, простирающимися над морем и сушей! Покойный профессор Филлипс и мистер Х.Д. Тейлор указывали, что если бы в тропических регионах Марса были озера или моря, мы часто видели бы, как солнце отражается непосредственно от них, создавая, таким образом, яркую звездообразную точку, которая не могла бы ускользнуть от наблюдения. Даже умеренно потревоженная вода дала бы знать о своем присутствии таким образом, и все же ничего подобного никогда не было зарегистрировано.

К вопросу о возможности существования жизни на Марсе можно добавить несколько слов. Если бы мы могли быть уверены в существовании воды на Марсе, тогда было бы выполнено одно из фундаментальных условий; и даже при том, что атмосфера на Марсе имела лишь небольшое сходство по составу или плотности с атмосферой Земли, жизнь все еще могла бы быть возможной. Даже если бы мы могли предположить, что человек нашел бы подходящую пищу для своего тела и подходящий воздух для дыхания, представляется весьма сомнительным, смог бы он выжить. Из-за небольших размеров Марса и малости его массы по сравнению с землей интенсивность гравитации на соседней планете отличалась бы от притяжения на поверхности земли. Мы уже упоминали о малой гравитации на Луне, и в меньшей степени те же замечания применимы к Марсу. Тело, которое весит на земле два фунта, на поверхности Марса весило бы значительно меньше одного фунта. Почти такое же усилие, с помощью которого можно поднять 56-фунтовый груз на земле, подняло бы два аналогичных груза на Марсе.

Землю окружает одна луна. Юпитер окружают четыре заметных спутника. Марс - планета, вращающаяся между орбитами Земли и Юпитера. Это тело того же общего типа, что и земля и Юпитер. Им правит одно и то же солнце, и все три планеты образуют часть одной и той же системы; но поскольку у земли одна луна, а у Юпитера четыре спутника, почему бы и у Марса не быть луне? Без сомнения, Марс - маленькое тело, даже меньше Земли и намного меньше Юпитера. Мы не могли ожидать, что у Марса будут большие спутники, но почему он должен быть непохож на двух своих соседей и вообще не иметь луны? Так рассуждали астрономы, но до настоящего времени спутник Марса обнаружить не удалось. На протяжении веков планета тщательно исследовалась с помощью этого специального объекта, и по мере того, как фиксировалась неудача за неудачей, вывод о том, что цепочка аналогичных рассуждений оборвалась, казался почти оправданным. Безлунный Марс считался исключением из правила, согласно которому все большие планеты за пределами Венеры были украшены сопровождающей их свитой спутников. Казалось почти безнадежным начинать заново исследование, которое часто предпринималось и неизменно приводило к разочарованию; и все же, к счастью, нынешнее поколение стало свидетелем еще одной атаки, проведенной с использованием совершенного оборудования и непревзойденного

мастерства. Эта попытка увенчалась успехом, которого она так хорошо заслуживала, и результатом стало незабываемое обнаружение двух спутников Марса.

Это открытие было сделано профессором Асафом Холлом, выдающимся астрономом Вашингтонской обсерватории. Мистеру Холлу был предоставлен инструмент колоссальных пропорций и изысканной работы, известный как большой вашингтонский рефрактор. Это изделие знаменитой мастерской господина Дж. Компания "Элван Кларк и сыновья", от которой пошло так много больших телескопов, по своим благородным пропорциям намного превзошла любой другой телескоп, когда-либо занимавшийся подобными исследованиями. Предметное стекло имеет двадцать шесть дюймов в диаметре и едва ли менее примечательно совершенством своих очертаний, чем своими размерами. Но даже мастерство мистера Холла и проникающая в космос способность его телескопа в обычных условиях не позволили бы обнаружить спутники Марса. Соответственно, было использовано то памятное противостояние Марса в 1877 году, когда, как мы уже описывали, планета необычайно приблизилась к земле.

Если бы на Марсе был спутник, составляющий сотую часть массы нашей Луны, он должен был быть обнаружен давным-давно. Следовательно, мистер Холл знал, что если и существуют какие-либо спутники, то это должны быть чрезвычайно маленькие тела, и он приготовился к серьезным и прилежным поискам. Все обстоятельства были благоприятными. Мало того, что Марс был настолько близок к земле, насколько это вообще возможно; мало того, что большой телескоп в Вашингтоне был самым мощным рефрактором из существовавших в то время; но положение Вашингтона таково, что Марс был виден из обсерватории с большой высоты. В 1877 году, когда Британская ассоциация собиралась в Плимуте, через Атлантику пронеслась телеграмма. Блестящий успех вознаграждал усилия мистера Холла. Он надеялся открыть один спутник. Открытие хотя бы одного из них подняло бы шум на весь научный мир, но мистеру Холлу улыбнулась удача. Он открыл сначала один спутник, а затем второй; и в связи с этими спутниками он также обнаружил уникальный факт в солнечной системе.

Деймос, внешний из спутников, совершает оборот вокруг планеты за период 30 часов 17 минут 54 секунды; именно внутренний спутник, Фобос, привлек особое внимание каждого астронома в мире. Марс совершает оборот вокруг своей оси за военный день, который почти такой же продолжительности, как наши сутки, состоящие из двадцати четырех часов. Внутренний спутник Марса совершает оборот за 7 часов 39 минут 14 секунд. Фобос, на самом деле, трижды обращается вокруг Марса за то же время, что Марс может обернуться один раз. Это обстоятельство не имеет аналогов в Солнечной системе; более того, насколько нам известно, оно не имеет аналогов во Вселенной. В случае с нашей собственной планетой земля совершает двадцать семь оборотов за один оборот Луны. В некоторой степени то же самое можно сказать о Юпитере и Сатурне; в то время как в великой системе самого солнца и планет солнце совершает несколько оборотов вокруг своей оси за каждый оборот даже самой быстро движущейся из планет. Не известно другого случая, когда спутник вращался бы вокруг звезды быстрее, чем звезда вращается вокруг своей оси. Однако аномальное движение спутника Марса было учтено. В следующей главе мы снова упомянем об этом, поскольку это связано с важным разделом современной астрономии.

Спутники настолько малы, что мы не можем измерить их диаметры напрямую, но из наблюдений за их яркостью очевидно, что их диаметр не может превышать двадцати или тридцати миль, а может быть и еще меньше. Из-за их быстрого движения два спутника должны представлять некоторые примечательные особенности для наблюдателя на Марсе. Фобос восходит на западе, проходит по небу и заходит на востоке примерно через пять с

половиной часов, в то время как Деймос восходит на востоке и остается над горизонтом более двух дней.

Поскольку спутники вращаются по траекториям вертикально над экватором своей звезды, причем один находится на высоте менее 4000 миль, а другой - всего около 14 500 миль над поверхностью, из этого следует, что они никогда не могут быть видны с полюсов Марса; действительно, чтобы увидеть Фобос, широта планеты наблюдателя не должна быть выше $68\frac{3}{4}^{\circ}$. Если бы это было так, спутник был бы скрыт телом Марса, точно так же, как мы, жители Британских островов, не смогли бы увидеть объект, вращающийся вокруг земли в нескольких сотнях миль над экватором.

Прежде чем перейти от привлекательной темы спутников, мы можем просто упомянуть два момента литературного характера. мистер Холл проконсультировался со своими друзьями-классиками относительно обозначения, которое следует присвоить двум спутникам. Ссылались на Гомера, а в отрывке из "Илиады" предлагались имена Деймоса и Фобоса. Эти персонажи были служителями Марса, и линии, в которых они встречаются, были так истолкованы моим другом профессором Тиррелом:

"Заговорил Марс и призвал к Смятению и Бегству
своих коней, и он начистил свою сбрую".

Любопытное обстоятельство, касающееся спутников Марса, будет знакомо тем, кто знаком с "Путешествиями Гулливера". Астрономы на борту "летающего острова Лапута", по словам Гулливера, обладали острым зрением и хорошими телескопами. Путешественник говорит, что они обнаружили два спутника Марса, один из которых сделал оборот вокруг него за десять часов, а другой - за двадцать один с половиной. Таким образом, автор не только сделал правильное предположение о количестве спутников, но и фактически указал периодическое время со значительной точностью! Мы не знаем, что могло натолкнуть на последнее предположение. Несколько лет назад любой астроном, прочитавший "Путешествие на Лапуту", сказал бы, что это абсурд. Несомненно, у Марса может быть два спутника, но сказать, что один из них совершает оборот за десять часов, значило бы утверждать то, во что никто не мог поверить. И все же правда оказалась еще более странной, чем вымысел.

А теперь мы должны завершить наш рассказ об этой прекрасной и интересной планете. Есть много дополнительных особенностей, на которых мы испытываем искушение задержаться, но так много других тел в солнечной системе требуют нашего внимания, так много других тел, которые превосходят Марс по размерам и внутренней важности, что мы вынуждены воздержаться. Однако наш следующий шаг не сразу приведет нас к планетам-гигантам. За пределами Марса мы находим множество объектов, действительно небольших, но представляющих большой интерес; и с ними мы найдем множество занятий для следующей главы.

ГЛАВА XI.

МАЛЫЕ ПЛАНЕТЫ.

Меньшие члены нашей Системы—Закон Бодде—Свободная область в Планетной системе—Исследования-Открытие Пиацци—Было ли это маленькое Тело планетой?—Планета становится невидимой—Гаусс предпринимает поиск с помощью математики—Планета восстановлена—Дальнейшие открытия—Количество малых планет, известных в настоящее время—Регион, подлежащий поиску—Построение диаграммы для поиска малых планет—Как обнаруживаются Малые планеты—Физическая природа Малых планет—Малая гравитация на Малых планетах—Берлинские вычисления—Как Малые планеты сообщают нам расстояние до Солнца—Точность наблюдений—Как их можно умножить—Виктория и Сафо —Самый совершенный метод.

В наших главах, посвященных Солнцу и Луне, Земле и Венере, Меркурию и Марсу, мы обсуждали особенности и движение глобусов огромных размеров. Наименьшим из всех этих тел является Луна, но даже у этого земного шара расстояние от одной стороны до другой составляет 2000 миль. Подходя к вопросу о малых планетах, мы должны быть готовы обнаружить объекты совершенно незначительных размеров по сравнению с большими сферами нашей системы. Без сомнения, все эти малые планеты имеют диаметр около нескольких миль, а некоторые - очень много миль. Будь они близко к земле, они были бы заметными и даже великолепными объектами; но поскольку они находятся на таком расстоянии, то даже в наши величайшие телескопы не становятся особо примечательными, в то время как невооруженным глазом они почти все невидимы.

На диаграмме (стр. 234) орбит различных планет показано, что между орбитой Марса и орбитой Юпитера существует большое пространство. Часто высказывалось предположение, что этот обширный регион, должно быть, заселен какой-то другой планетой. Это предположение стало намного сильнее, когда был открыт замечательный закон, который со значительной точностью показывал относительные расстояния между крупными планетами нашей системы. Возьмем серию чисел, 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, в которой каждое число (кроме второго) вдвое больше числа, которое ему предшествует. Если мы теперь добавим по четыре к каждому, то получим серию 4, 7, 10, 16, 28, 52, 100. За исключением пятого из этих чисел (28), все они разумно пропорциональны расстояниям различных планет от солнца. Фактически, расстояния следующие: Меркурий — 3·9; Венера - 7·2; Земля - 10; Марс - 15·2; Юпитер - 52·9; Сатурн - 95·4. Хотя у нас нет физических оснований утверждать, почему этот закон, обычно известный как закон Бодде, должен быть верен, однако тот факт, что он так близок к истине в случае всех известных планет, заставляет нас спросить, не может ли также существовать планета, вращающаяся вокруг Солнца на расстоянии, обозначенном 28.

Это так сильно ощущалось в конце восемнадцатого века, что некоторые энергичные астрономы решили приложить совместные усилия для поиска неизвестной планеты. Казалось очевидным, что планета не могла быть большой, так как в противном случае она, должно быть, была найдена давным-давно. Если она должна была существовать, то требовались средства для различения планеты и сонма звезд, разбросанных по ее пути.

Поиски маленькой планеты вскоре были вознаграждены успехом, который сделал вечер первого дня девятнадцатого века незабываемым в астрономии. Именно в чистом небе Палермо располагалась обсерватория, где Пьяцци совершил незабываемое открытие первой известной малой планеты. Этот трудолюбивый и опытный астроном организовал хитроумную систему исследования небес, которая была в высшей степени рассчитана на то,

чтобы различать планеты среди звездного воинства. В определенную ночь он выбирал серию звезд числом до пятидесяти, больше или меньше, в зависимости от обстоятельств. С помощью своего меридианного круга он определял места расположения выбранных объектов. На следующую ночь или, во всяком случае, как только представится возможность, он повторно наблюдал все пятьдесят звезд с помощью того же прибора и тем же способом, и впоследствии вся операция повторялась в течение двух, а может быть, и более ночей. Когда наблюдения были сопоставлены, у него оказалось в распоряжении около четырех или более мест расположения каждой звезды в разные ночи, и вся серия была завершена. Он был достаточно настойчив, чтобы продолжить эти наблюдения для очень многих групп, и в конце концов был вознагражден успехом, который с лихвой компенсировал ему весь его труд.

1 января 1801 года Пиацци в сто пятьдесят девятый раз приступил к просмотру новой серии. Пятьдесят звезд этой ночью были просмотрены в его телескоп, и их расположение было тщательно зафиксировано. Из этих объектов первые двенадцать, несомненно, были звездными, и, судя по всему, это был тринадцатый, звезда восьмой величины в созвездии Тельца. Не было ничего, что отличало бы телескопический вид этого объекта от всех других, которые предшествовали или следовали за ним. На следующую ночь Пиацци, по своему обыкновению, заново осмотрел все пятьдесят звезд, и то же самое он проделал снова 3 января и еще раз 4-го. Затем он, как обычно, свел воедино четыре найденных им места для каждого из нескольких тел. Когда это было сделано, сразу стало видно, что тринадцатый объект в списке совершенно отличался от остальных и от всех других звезд, которые он когда-либо наблюдал раньше. Все четыре места нахождения этого загадочного объекта были разными; другими словами, он находился в движении и, следовательно, был планетой.

Нескольких дней наблюдений было достаточно, чтобы показать, как это маленькое тело, впоследствии названное Церерой, вращалось вокруг Солнца и как оно обращалось по этому свободному пути, промежуточному между путем Марса и путем Юпитера. Действительно, велик был интерес, вызванный этим открытием, и то влияние, которое оно оказало на прогресс астрономии. Величественным планетам нашей системы пришлось теперь допустить к участию в благах, даруемых Солнцем, гораздо более скромный объект.

После того, как Пиацци получил еще несколько наблюдений, сезон наблюдений за этой частью неба закончился, и новая планета, конечно, перестала быть видимой. Без сомнения, через несколько месяцев после наступления темноты та же часть неба снова окажется над горизонтом, и звезды, конечно же, будут видны, как и раньше. Планета, однако, двигалась и будет продолжать двигаться, и к тому времени, когда наступит следующий сезон, она переместится в какую-нибудь отдаленную область и снова будет смешана со звездами, на которые она так близко похожа. Как же тогда можно было преследовать планету в течение периода ее невидимости и идентифицировать, когда она снова окажется в пределах досягаемости наблюдения?

Эта трудность привлекла внимание астрономов, и они искали какой-нибудь метод, с помощью которого можно было бы определить местоположение планеты, чтобы предотвратить забвение открытия Пиацци. Молодой немецкий математик, которого звали Гаусс, начал свою выдающуюся карьеру с успешной попытки решить эту задачу. Планета, как мы показали, описывает эллипс вокруг солнца, и солнце находится в центре этой кривой. Можно продемонстрировать, что когда известны три положения планеты, то эллипс, по которому движется планета, полностью определен. Пиацци в каждом случае измерял место, которое она тогда занимала. Эта информация была доступна Гауссу, и таким образом можно сформулировать проблему, которую ему предстояло решить. Зная положение планеты на три ночи, требуется, без каких-либо дальнейших наблюдений, сказать, каким будет положение

планеты по особому случаю через несколько месяцев в будущем. Математические расчеты, основанные на законах Кеплера, позволят решить эту проблему, и Гауссу удалось ее решить. Гаусс продемонстрировал, что, хотя телескоп астронома не мог обнаружить странника в период его невидимости, перо математика могло следовать за ним с неизменной уверенностью. Поэтому, когда смена сезонов позволила возобновить наблюдения, поиск был возобновлен. Телескоп был направлен в точку, указанную расчетами Гаусса, и там была маленькая Церера. С момента своего повторного открытия планета была настолько запутана в сетях математических рассуждений, что ее местоположение каждую ночь в году можно указывать с точностью, приближающейся к той, которая достигается при наблюдении за Луной или крупными планетами нашей системы.

За открытием одной малой планеты быстро последовали аналогичные успехи, так что в течение семи лет к солнечной системе добавились Паллада, Юнона и Веста. Орбиты всех этих тел лежат в области между орбитами Марса и Юпитера, и в течение многих лет, по-видимому, считалось, что наша планетная система теперь завершена. Сорок лет спустя вновь были начаты систематические исследования. В список добавлялась планета за планетой; постепенно количество открытий становилось все больше, пока в 1897 году общее число не достигло примерно 430. Их распределение в Солнечной системе примерно таково, как показано на рис. 55. Благодаря усовершенствованию астрономических телескопов и той преданности, с которой некоторые астрономы занялись этим интересным исследованием, был создан особый метод наблюдений с особой целью поиска этих маленьких объектов.

Известно, что пути, по которым движутся по небу все большие планеты, очень близко совпадают с путем, по которому, по-видимому, движется солнце среди звезд и который известен как эклиптика. Естественно предположить, что малые планеты также движутся по той же великой магистрали, которая ведет их последовательно через все знаки зодиака. Некоторые из малых планет, без сомнения, довольно сильно отклоняются от траектории движения Солнца, но подавляющее большинство находятся примерно рядом с ним. Это соображение сразу упрощает поиск новых планет. Необходимо исследовать определенную зону, простирающуюся вокруг небес, но, в целом, нет особого смысла расширять исследования в других частях неба.

Следующим шагом будет построение карты, содержащей все звезды в этом регионе. Это задача, требующая очень большого труда; звезд, видимых в большие телескопы, так много, что многие десятки тысяч, возможно, мы должны сказать сотни тысяч, включены в столь узко ограниченную область. Дело в том, что многие из известных сейчас малых планет являются объектами чрезвычайно малой величины; их можно увидеть только в очень мощные телескопы, и для их обнаружения необходимо использовать карты, на которых изображены даже самые тусклые звезды. Многие астрономы участвовали в составлении этих карт; среди них можно упомянуть Палиса из Вены, который с помощью своих карт обнаружил восемьдесят три малые планеты, и покойного профессора Питерса из Клинтон, штат Нью-Йорк, который аналогичным образом обнаружил сорок девять таких тел.

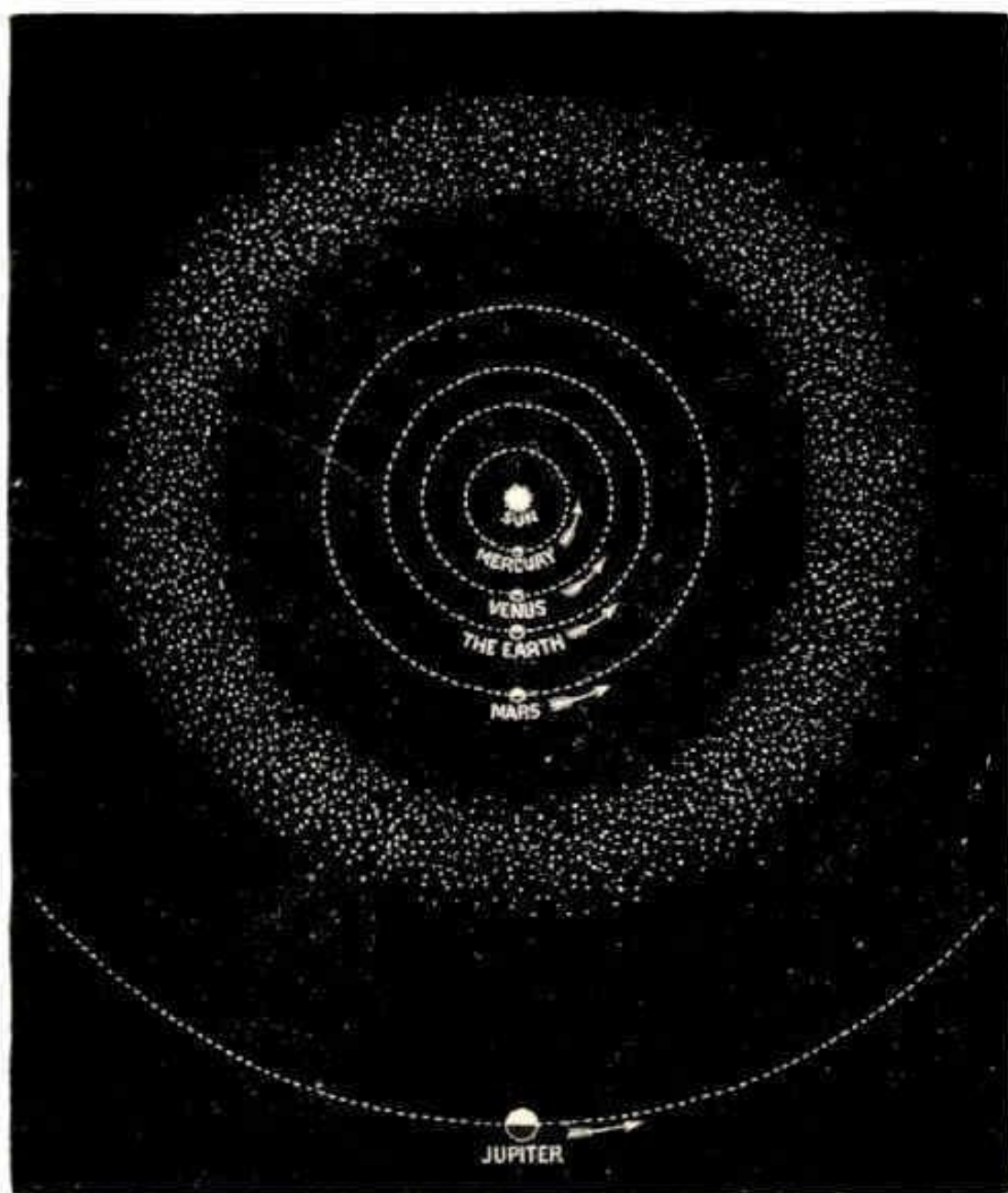


Рис. 55. Зона

Малых планет между Марсом и Юпитером.

Астроном, собирающийся искать новую планету, направляет свой телескоп на ту часть пути солнца, которая находится на меридиане в полночь; там, если вообще где-либо, есть шанс на успех, потому что именно в этой области такое тело находится ближе к земле, чем на любом другом участке своего пути. Он упорно сравнивает свою карту с небесами и обычно находит, что звезды на небесах и звезды на карте соответствуют друг другу; но иногда случается, что точка на небесах отсутствует на карте. Его внимание сразу же привлекается; он внимательно следит за объектом, и если он движется, то это планета. И все же он не может быть уверен, что действительно совершил открытие; без сомнения, он нашел планету, но она может быть одной из большого числа уже известных. Чтобы прояснить этот момент, он должен предпринять дальнейшее и иногда очень трудоемкое расследование; он должен просмотреть Берлинский ежегодник и другие эфемериды таких планет и посмотреть, возможно ли, чтобы одна из них находилась в таком положении в рассматриваемую ночь. Если он сможет убедиться, что никакого ранее обнаруженного тела там быть не могло, тогда он имеет право объявить своим собратьям-астрономам об открытии нового элемента

солнечной системы. Представляется несомненным, что все наиболее важные из малых планет уже давно открыты. Недавние дополнения к списку, как правило, представляют собой чрезвычайно мелкие объекты, недоступные для небольших телескопов.

С 1891 года от метода поиска малых планет, который мы только что описали, почти отказались в пользу процесса, значительно превосходящего этот. Оказалось возможным использовать фотографию для составления небесных карт. Фотопластинку экспонируют в телескопе на определенную область неба достаточно долго, чтобы очень слабые телескопические звезды могли запечатлеть свои изображения. Необходимо следить за тем, чтобы часы, приводящие в движение камеру, максимально точно соответствовали вращению земли, чтобы неподвижные звезды отображались на пластинке в виде острых точек. Если при проявлении пластины обнаруживается, что звезда оставила след, очевидно, что эта звезда должна была в течение времени экспозиции (обычно нескольких часов) совершать собственное независимое движение; другими словами, это должна быть планета. Для большей безопасности обычно делается второй снимок того же региона через короткий промежуток времени. Если место, занимаемое следом на первой пластинке, теперь свободно, в то время как на второй пластинке появляется новый след на одной линии с первым, не остается никаких сомнений в том, что у нас есть подлинные признаки планеты и что нас не ввели в заблуждение какие-то примеси на пластинке или несколько крошечных звезд, которые случайно расположились очень близко друг к другу. Вольф из Гейдельберга и идущий по его стопам Шарлуа из Ниццы открыли таким образом большое количество новых малых планет, в то время как они также обнаружили немало тех, которые были упущены из виду из-за недостаточности наблюдений.

13 августа 1898 года герр Г. Витт из обсерватории Урании в Берлине обнаружил новый астероид фотографическим методом. Сначала этот объект рассматривался просто как не имеющее особого значения дополнение к 432 астероидам, открытие которых предшествовало ему. Он получил, как обычно, предварительное обозначение в соответствии с простым алфавитным устройством. Этот временный ярлык, прикрепленный к астероиду Витта, был "D Q.", но официальное название астероида теперь заменило этот ярлык. Герр Витт дал своему астероиду название "Эрос". Это было должным образом принято астрономами, и, таким образом, планета будет известна навсегда.

Особенность, которая делает открытие Эроса одним из самых замечательных событий в современной астрономии, заключается в том, что в тех редких случаях, когда этот астероид приближается к земле, он оказывается ближе к земле, чем когда-либо может быть планета Марс. Ближе, чем когда-либо может быть планета Венера. Ближе, чем когда-либо может быть любой другой известный астероид. Таким образом, мы приписываем Эросу исключительное положение нашего ближайшего планетного соседа во всем небесном воинстве. При определенных обстоятельствах он будет находиться на расстоянии от земли, не превышающем одной седьмой среднего расстояния до Солнца.

О физическом составе астероидов и характере их поверхностей мы ничего не знаем. Насколько мы можем судить, эти планеты могут быть глобусами, подобными нашей земле в миниатюре, с разнообразием континентов и океанов. Если на таких телах, которые часто имеют всего несколько миль в диаметре, есть жизнь, то эта жизнь должна быть чем-то совершенно отличным от всего, с чем мы знакомы. Оставляя в стороне все другие трудности, возникающие из-за возможного отсутствия воды и из-за большой невероятности нахождения там атмосферы, пригодной для дыхания по плотности и составу, сама гравитация запретила бы органическим существам, приспособленным для этой земли, жить на малой планете.

Давайте попытаемся проиллюстрировать этот момент и предположим, что мы возьмем случай малой планеты диаметром восемь миль, или, в круглых цифрах, одну тысячную диаметра Земли. Если мы далее предположим, что материалы планеты имеют ту же природу, что и вещества на земле, то легко доказать, что сила тяжести на поверхности планеты будет составлять лишь одну тысячную часть силы тяжести земли. Из этого следует, что вес объекта на земле был бы уменьшен до тысячной доли, если бы этот объект был перенесен на планету. Это не было бы обнаружено обычными весами, где гири должны быть помещены в одну чашу, а тело должно быть взвешено в другой. Испытанное таким образом тело, конечно, будет весить точно так же в любом месте; ибо если изменяется сила тяжести тела, то в равной пропорции изменяется и сила тяжести уравнивающих его гирь. Но при взвешивании на пружинных весах изменение было бы сразу очевидно, и усилие, с которым можно было бы поднять груз, уменьшилось бы до одной тысячной доли. Груз в тысячу фунтов можно было бы поднять с поверхности планеты тем же усилием, которое подняло бы один фунт на земле; эффекты, которые это произвело бы, весьма примечательны.

В нашем описании Луны упоминалось (стр. 103), что мы можем рассчитать скорость, с которой необходимо было бы выпустить снаряд, чтобы он никогда больше не упал обратно на земной шар, из которого он был выброшен. Мы применили это рассуждение, чтобы объяснить, почему Луна, по-видимому, полностью утратила всю атмосферу, которой она когда-то могла обладать.

Если мы предположим ради иллюстрации, что плотности всех планет одинаковы, то закон, выражающий критическую скорость для каждой планеты, может быть легко сформулирован. На самом деле он просто пропорционален диаметру рассматриваемого земного шара. Таким образом, для малой планеты, диаметр которой составлял одну тысячную часть диаметра Земли, или около восьми миль, критическая скорость составляла бы тысячную часть шести миль в секунду, то есть около тридцати футов в секунду. Это низкая скорость по сравнению с обычными стандартами. Ребенок легко подбрасывает мяч на высоту пятнадцати-шестнадцати футов, но, чтобы поднять его на такую высоту, он должен лететь со скоростью тридцать футов в секунду. Ребенок, стоящий на планете диаметром восемь миль, подбрасывает свой мяч вертикально вверх; все выше и выше мяч будет взлетать на удивительную высоту. Если бы первоначальная скорость была меньше тридцати футов в секунду, мяч в конце концов перестал бы двигаться, начал бы вращаться и падать с постепенно ускоряющимся темпом, пока, наконец, не достиг бы поверхности со скоростью, равной той, с которой он был сброшен. Если бы первоначальная скорость была такой же или больше тридцати футов в секунду, то мяч взмывал бы все выше и выше, чтобы никогда не вернуться. В следующей главе необходимо будет снова обратиться к этому предмету.

Некоторые из малых планет видны в мощные телескопы в виде дисков заметных размеров, и они даже были измерены с помощью микрометра. Таким образом, профессор Барнард, ранее работавший в обсерватории Лик, определил следующие значения диаметров четырех впервые открытых малых планет:—

Церера	485 миль.
Паллас	304 мили.
Юнона	118 миль.
Веста	243 мили.

Значение для Юноны, однако, очень неопределенно, и, безусловно, большее число малых планет намного меньше, чем можно было бы предположить из приведенных здесь цифр. С помощью определенных вычислений можно составить оценку совокупной массы всех малых планет, поскольку наблюдения раскрывают нам степень их совместного возмущающего влияния на движение Марса. Таким образом, Леверье пришел к выводу, что суммарная масса малых планет должна быть примерно равна одной четвертой массы Земли. Харцер, повторив исследование улучшенным способом, вывел, что собранная масса составляет одну шестую часть массы земли. Не может быть никаких сомнений в том, что общая масса всех малых планет, известных в настоящее время, составляет не более очень малой доли от той величины, на которую указывают эти расчеты. Следовательно, мы приходим к выводу, что должно существовать огромное количество малых планет, которые еще не были обнаружены обсерваторией. Эти неизвестные планеты должны быть чрезвычайно маленькими.

Орбиты этой группы тел отличаются по замечательным характеристикам от орбит более крупных планет. Некоторые из них наклонены под углом 30° к плоскости земной орбиты, в то время как наклоны крупных планет составляют не более нескольких градусов. Некоторые орбиты малых планет также представляют собой сильно вытянутые эллипсы, в то время как, конечно, орбиты больших планет не сильно отклоняются от круглой формы. Периоды обращения этих небольших объектов вокруг Солнца варьируются от трех до почти девяти лет.

Значительное увеличение числа малых планет вознаградило усердие тех астрономов, которые посвятили свои труды этому предмету. Их успех потребовал огромного количества работы над компьютерами "Берлинского ежегодника". Эта полезная работа занимает в этом отношении позицию, которой не занимал ни наш собственный "Морской альманах", ни аналогичные издания других стран. Группа опытных компьютеров считает своим долгом предоставлять для "Берлинского ежегодника" подробную информацию о движении малых планет. Как только получено несколько полных наблюдений, маленький объект переходит в надежные руки математика; он может предсказать его развитие на долгие годы вперед, и объявления относительно всех известных малых планет можно найти в ежегодных изданиях упомянутой работы.

Рост числа открытий был настолько быстрым, что трудозатраты, необходимые для подготовки таких прогнозов, в настоящее время огромны. Следует признать, что многие из малых планет очень слабые и в остальном лишены интереса, так что астрономы иногда поддаются искушению согласиться с предположением, что часть астрономического труда, посвященного сейчас вычислению траекторий этих тел, могла бы быть применена с большей пользой. Для этого было бы необходимо всего лишь бросить на произвол судьбы всех менее интересных членов воинства и позволить им следовать своими путями, не замеченными телескопом или еще более непрерывными таблицами математического компьютера.

Солнце, управляющее могущественными сферами нашей системы, не брезгает направлять с такой же тщательностью крошечные шары, образующие малые планеты. В определенное время некоторые из них приближаются к земле достаточно близко, чтобы заслужить внимание тех астрономов, которые особенно заинтересованы в определении размеров солнечной системы. Наблюдения носят такой характер, что их можно проводить со значительной точностью; они также могут быть умножены до любой желаемой степени. Следовательно, у некоторых из этих маленьких тел большое астрономическое будущее, поскольку им, по-видимому, суждено указывать истинное расстояние от земли до солнца

более точно, чем Венере или Марсу. Самая маленькая из этих планет не подходит для этой цели; их можно увидеть только в мощные телескопы, и они не поддаются измерению с необходимой точностью. Также очевидно, что планеты, которые будут выбраны для наблюдения, должны находиться как можно ближе к земле. При благоприятных обстоятельствах некоторые из малых планет приблизятся к земле на расстояние, составляющее примерно три четверти расстояния от Солнца. Эти различные условия ограничивают количество тел, доступных для этой цели, примерно дюжиной, из которых один или два обычно размещаются надлежащим образом каждый год.

Для определения расстояния до Солнца этот метод по малым планетам дает неоспоримые преимущества. Сам шар представляет собой крошечную звездообразную точку в телескопе, и измерения производятся от него до звезд, которые видны вблизи него. Возможно, в этом месте будет необходимо сказать несколько слов о характере упомянутых наблюдений. Когда мы говорим о расстояниях от планеты до звезды, мы не имеем в виду то, что было бы, возможно, самым обычным пониманием этого выражения. Мы не имеем в виду фактическое измерение количества миль по прямой между планетой и звездой. Этот элемент, даже если он достижим, мог быть только результатом длительной серии наблюдений, природа которых будет объяснена позже, когда мы перейдем к разговору о расстояниях между звездами. Меры, о которых идет речь сейчас, носят более простой характер; они предназначены просто для определения видимого расстояния до объектов, выраженного в угловых единицах измерения. Это угловое измерение имеет совершенно иной характер, чем линейное измерение, и оба метода действительно могут привести к результатам, которые на первый взгляд могут показаться парадоксальными.

Мы можем взять в качестве иллюстрации случай группы звезд, образующих Плеяды, и тех, которые образуют Большую Медведицу. Последняя представляет собой большую группу, первая - небольшую. Но почему мы думаем, что слова "большая" и "маленькая" здесь применимы правильно? Каждая пара звезд Большой Медведицы образует большой угол с точки зрения глаза. Каждая пара звезд в Плеядах составляет небольшой угол, и именно эти углы являются непосредственным объектом астрономических измерений. Мы говорим о расстоянии двух звезд, подразумевая под этим угол, ограниченный двумя линиями от глаза до двух звезд. Это то, что способны измерить наши приборы, и следует отметить, что здесь не подразумевается привязка к линейной величине. Действительно, если мы хотим упомянуть реальные размеры, то вполне возможно, насколько мы можем судить, что Плеяды могут образовывать гораздо большую группу, чем Большая Медведица, и что очевидное превосходство последней объясняется просто тем, что она ближе к нам. Наиболее точные из этих угловых измерений получаются, когда две звезды или две звездоподобные точки находятся настолько близко друг к другу, что позволяют включить их в одно поле зрения телескопа. Существуют специальные формы приборов, которые позволяют астроному в данном случае придавать своим наблюдениям точность, недостижимую при измерении объектов, менее четко обозначенных или находящихся на большем видимом расстоянии. Таким образом, определение расстояния от маленькой звездообразной планеты до звезды характеризуется большой точностью.

Но есть еще один и, возможно, более весомый аргумент в пользу определения масштаба солнечной системы с помощью этого процесса. Реальная сила метода малых планет зависит не столько от индивидуальной точности наблюдений, сколько от того факта, что в силу природы метода значительное количество повторений может быть сосредоточено на результате. Конечно, следует понимать, что когда мы говорим о точности наблюдения, не следует предполагать, что оно когда-либо может быть полностью свободным от ошибок.

Ошибки существуют всегда, и хотя они могут быть небольшими, все же, если измеряемая величина ничтожна, ошибка, по сути своей незначительная, может составлять заметную долю от общего числа. Единственный способ, с помощью которого можно уменьшить их влияние, - это использовать среднее значение большого числа наблюдений. Это реальный источник ценности метода малых планет. Нам не нужно ждать наступления редких событий, таких как прохождение Венеры. Каждый год одна или несколько малых планет будут приближаться к земле достаточно близко, чтобы сделать этот метод применимым. Различные обстоятельства, сопутствующие каждой планете, и большое разнообразие наблюдений, которые могут быть сделаны над ней, в дальнейшем будут способствовать устранению ошибок.

Поскольку планета движется своим курсом по небу, которое повсюду усеяно бесчисленными мириадами мельчайших звезд, очевидно, что у этого тела, само по себе столь похожего на звезду, всегда будет несколько звезд в непосредственной близости от него. Поскольку движения планеты хорошо известны, мы можем предсказать, где она будет находиться каждую ночь, когда за ней будут наблюдать. Таким образом, можно заранее договориться с наблюдателями в самых разных частях земли о наблюдениях, которые будут проводиться в каждую конкретную ночь.

По предложению доктора Гилла была предпринята попытка применить этот метод в масштабах, соизмеримых с его важностью. Случилось так, что в 1888 и 1889 годах планеты Ирис, Виктория и Сафо приблизились к земле настолько близко, что были приняты меры для одновременных измерений как в северном, так и в южном полушариях. Схема была полностью составлена за много месяцев до начала наблюдений. Таким образом, каждый наблюдатель, участвовавший в работе, был заранее проинформирован о звездах, которые предстояло использовать каждую ночь. При взгляде из любой точки земли, с мыса Доброй Надежды или из Великобритании, положение звезд остается абсолютно неизменным. Расстояние между ними настолько велико, что смена места на земле не приводит к их заметному смещению. Но с малой планетой дело обстоит иначе. Это едва ли одна миллионная часть расстояния между звездами, и смещение планеты, если смотреть с Мыса и из Европы, является измеримой величиной.

Величина, которую мы ищем, должна быть получена путем сравнения измерений, сделанных в северном полушарии, с измерениями, сделанными в южном. Наблюдения в двух точках должны проводиться как можно более синхронно, с должным учетом движения планеты за любой прошедший промежуток времени. Хотя принимаются все меры предосторожности для устранения ошибок при каждом наблюдении, все же факт остается фактом: мы сравниваем измерения, сделанные наблюдателями в северном полушарии, с измерениями, сделанными другими наблюдателями, использующими, конечно, разные приборы, за тысячи миль от нас. Но в этом отношении мы находимся не в большем невыгодном положении, чем при наблюдении за прохождением Венеры.

Однако можно устранить даже это возражение и таким образом обеспечить методу малых планет превосходство над его соперником, которое невозможно оспорить. Трудность была бы преодолена, если бы мы могли устроить так, чтобы астронома, сделавшего серию наблюдений погожей ночью в северном полушарии, немедленно перевели вместе с инструментами и всем прочим на южную станцию и там повторили наблюдения. Эквивалентное преобразование может быть произведено без какого-либо чудесного воздействия, и в нем мы, несомненно, имеем самый совершенный способ измерения расстояния до солнца, с которым мы знакомы. Этот метод уже был с успехом применен

доктором Джиллом в случае с Юноной, и есть другие члены сонма малых планет, находящиеся в еще более благоприятных условиях.

Рассмотрим, например, малую планету, которая иногда приближается к земле на расстояние 70 000 000 миль. Когда противостояние приближается, опытный наблюдатель должен быть размещен на какой-нибудь подходящей станции недалеко от экватора. Инструментом, которым ему предстоит пользоваться, должно быть то чудесное произведение механического и оптического искусства, которое известно как гелиометр. [20] Он может использоваться для измерения углового расстояния между объектами, расположенными слишком далеко друг от друга для филиарного микрометра. Измерения должны быть произведены вечером, как только планета поднимется достаточно высоко, чтобы ее можно было отчетливо разглядеть. Затем наблюдатель и обсерватория должны быть перенесены на другую сторону Земли. Как это можно сделать? Скажите, скорее, как мы могли бы предотвратить это. Разве земля не вращается вокруг своей оси, так что в течение нескольких часов обсерватория на экваторе совершает полный оборот на тысячи миль? С приближением утра наблюдения должны быть повторены. Обнаружено, что планета очень значительно изменила свое положение по отношению к звездам. Частично это происходит из-за его собственного движения, но также в значительной степени из-за параллактического смещения, возникающего в результате вращения Земли, которое может достигать двадцати секунд. Измерения за одну ночь с помощью гелиометра не должны иметь средней погрешности, превышающей одну пятую секунды, и мы могли бы разумно ожидать, что наблюдения могут быть проведены примерно в течение двадцати пяти ночей во время противостояния. Можно было бы ожидать, что четыре такие группы дадут расстояние до солнца без какой-либо неопределенности, превышающей тысячную часть от общей суммы. Главная трудность этого процесса возникает из-за движения планеты в течение интервала, отделяющего вечерние наблюдения от утренних. Этого недостатка можно избежать путем тщательных и многократных измерений положения планеты относительно звезд, среди которых она проходит.

В монументальном произведении, выпущенном в 1897 году Кейпской обсерваторией под руководством доктора Джилла, были получены окончательные результаты наблюдений за Айрис, Викторией и Сафо. Из этого следует, что угол, который составляет экваториальный радиус земли в центре солнца на среднем расстоянии от него, имеет значение 8.802. Если мы используем наилучшее значение экваториального радиуса Земли, то получим 92 870 000 миль как среднее расстояние центра Солнца от центра земли. Это, вероятно, самое точное определение масштаба солнечной системы, которое когда-либо было сделано.

ГЛАВА XII.

ЮПИТЕР.

Большой размер Юпитера—Сравнение его диаметра с диаметром Земли—Размеры Планеты и ее орбита—Его вращение—Сравнение его веса и объема с Землей—Относительная легкость Юпитера—Как объяснить—Юпитер, вероятно, все еще находится в нагретом состоянии—Пояса на Юпитере—Пятна на его поверхности—Время вращения разных пятен различно—Штормы на Юпитере—Юпитер не накаляется—Спутники—Их открытие—Вид в телескоп—Их орбиты—Затмения и затемнения—Спутник в пути—Обнаружена скорость света—Как это объяснить Скорость, которую нужно измерить экспериментально?—

Определение расстояния до Солнца по затмениям спутников Юпитера — Спутники Юпитера, демонстрирующие систему Коперника.

В нашем исследовании прекрасного ряда тел, образующих солнечную систему, мы шаг за шагом удалялись от солнца. Следуя этому методу, мы теперь подошли к великолепной планете Юпитер, которая прокладывает свой величественный путь непосредственно за пределами тех орбит малых планет, которые мы только что рассматривали. Действительно, велик контраст между этими крошечными шарами и огромным шаром Юпитера. Если бы мы применили несколько иной метод лечения — если бы мы, например, обсуждали различные тела нашей планетной системы в порядке их величины, — то малые планеты рассматривались бы в последнюю очередь, в то время как лидером воинства был бы Юпитер. На это положение Юпитер имеет право без малейшего намека на соперничество. Следующий по величине в списке, красивый и интересный Сатурн, значительно отстает. Необходимо совершить еще одно великое снижение по шкале величин, прежде чем мы достигнем Урана и Нептуна, в то время как необходимо сделать еще один шаг вниз, прежде чем мы достигнем той меньшей группы планет, которая включает нашу землю. Юпитер настолько заметно возвышается над остальными, что даже если бы Сатурн был увеличен за счет всех остальных шаров нашей системы, объединенных в один, объединенная масса все равно не равнялась бы огромному шару Юпитера.

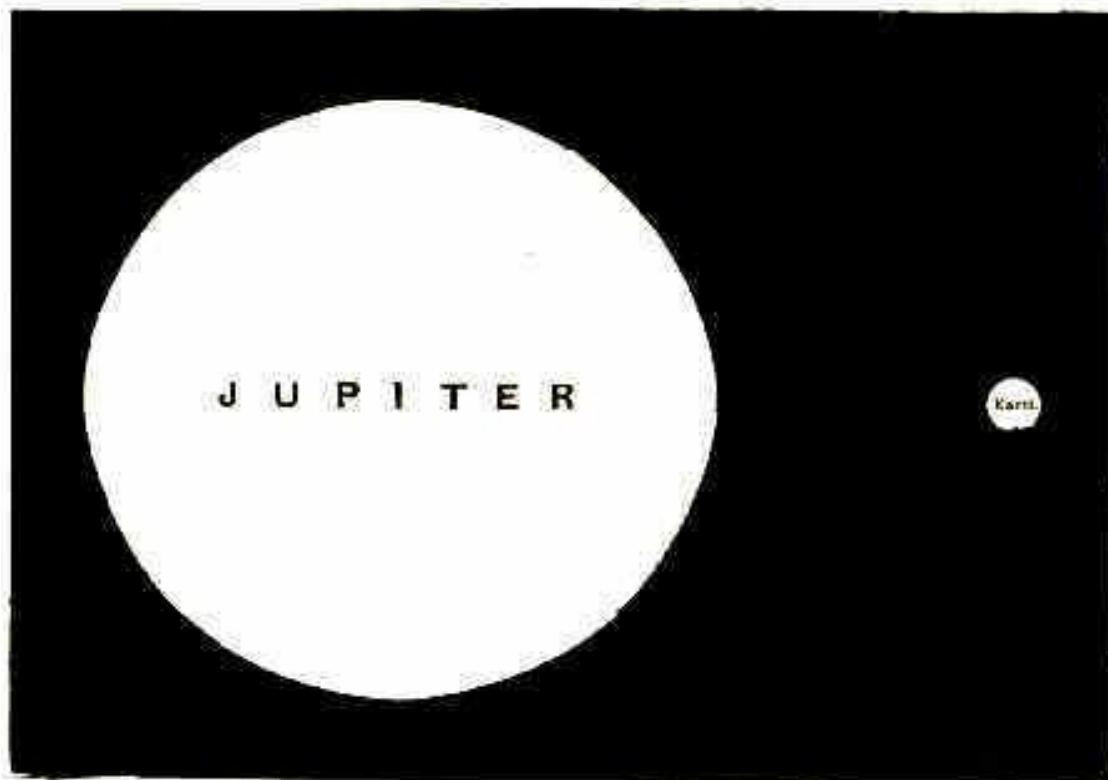


Рис.

56. Относительные размеры Юпитера и Земли.

На прилагаемом рисунке (рис. 56) показаны относительные размеры Юпитера и Земли, и он дает глазу более яркое представление об огромной массе Юпитера, чем мы можем легко получить, просто рассматривая числовые показатели, с помощью которых можно точно оценить его массу. Однако, поскольку нашим читателям необходимо будет представить числовые факты, мы делаем это в начале этой главы.

Юпитер вращается по эллиптической орбите вокруг солнца в фокусе, на среднем расстоянии 483 000 000 миль. Таким образом, траектория Юпитера примерно в $5 \cdot 2$ раза больше по

диаметру, чем траектория, по которой движется земля. Форма орбиты Юпитера очень заметно отклоняется от окружности, наибольшее расстояние от солнца составляет $5 \cdot 45$, в то время как наименьшее расстояние составляет около $4 \cdot 95$, при этом расстояние Земли от солнца принимается за единицу. При наиболее благоприятных обстоятельствах для того, чтобы увидеть Юпитер в оппозиции, он все равно должен находиться примерно в четыре раза дальше от земли, чем земля от солнца. Этот огромный глобус также проиллюстрирует закон, согласно которому чем дальше планета, тем медленнее скорость, с которой совершается ее орбитальное движение. В то время как земля проходит более восемнадцати миль в секунду, Юпитер преодолевает всего восемь миль. Таким образом, по двоякой причине время, затрачиваемое внешней планетой на завершение оборота, больше, чем период обращения земли. Внешняя планета не только совершает более длинный путь, чем Земля, но и движется с меньшей скоростью; таким образом, Юпитеру требуется 4332,6 суток, или примерно на пятьдесят дней меньше, чем за двенадцать лет, чтобы совершить полный оборот по небу.

Средний диаметр огромной планеты составляет около 87 000 миль. Мы говорим о *среднем* диаметре, потому что в случае Юпитера существует заметная разница между его экваториальным и полярным диаметрами. Мы уже видели, что аналогичная разница наблюдается и в случае с землей, где мы обнаруживаем, что полярный диаметр меньше экваториального; но неравенство этих двух измерений на Юпитере намного больше, чем на земле. Экваториальный диаметр Юпитера составляет 89 600 миль, в то время как полярный не превышает 84 400 миль. Эллиптичность Юпитера, обозначенная этими цифрами, достаточно заметна, чтобы быть очевидной без каких-либо точных измерений. Вокруг наименьшего диаметра планета вращается с огромной скоростью, если учесть размеры земного шара. Каждый оборот совершается примерно за 9 часов 55 минут.

Мы, естественно, можем сравнить период вращения Юпитера с гораздо более медленным вращением нашей земли за двадцать четыре часа. Разница становится гораздо более разительной, если мы рассмотрим относительные скорости, с которыми на самом деле движутся объекты на экваторе Земли и на экваторе Юпитера. Поскольку диаметр Юпитера почти в одиннадцать раз больше диаметра земли, из этого следует, что скорость прохождения экватора на Юпитере должна быть примерно в двадцать семь раз больше, чем на земле. Несомненно, этой высокой скорости вращения мы должны приписать необычайную эллиптичность Юпитера; быстрое вращение вызывает огромную центробежную силу, и это выпячивает податливые материалы, из которых он, по-видимому, сформирован.

Насколько мы можем судить, Юпитер не является твердым телом. Это важное обстоятельство; и поэтому необходимо будет обсудить этот вопрос несколько подробнее, поскольку здесь мы замечаем разительный контраст между этой великой планетой и другими планетами, которые ранее привлекали наше внимание. Исходя из уже приведенных измерений, легко рассчитать объем Юпитера. Будет обнаружено, что эта планета примерно в 1300 раз больше земли; другими словами, потребовалось бы 1300 глобусов, каждый размером с нашу землю, сложенных в один, чтобы сформировать единый шар размером с Юпитер.

Если бы материалы, из которых состоит Юпитер, имели природу, аналогичную материалам земли, мы могли бы ожидать, что вес планеты превысил бы вес земли примерно в пропорции их объемов. Это вопрос, который сейчас предлагается передать в суд. Здесь мы можем сразу столкнуться с вопросом о том, как нам определить вес Юпитера. Нелегко даже взвесить землю, на которой мы стоим. Как же тогда мы можем взвесить огромную планету, намного

большую, чем Земля, и удаленную от нас на несколько сотен миллионов миль? Поистине, это смелая задача. И все же интеллектуальных ресурсов человека оказалось достаточно для достижения этого подвига небесной инженерии. Они, правда, на самом деле не способны изготовить тяжелые весы, на которые должна быть брошена великая планета, но они способны использовать для этой цели определенные природные явления, которые дают необходимую информацию.

Такие исследования основаны на принципе всемирного тяготения. Масса Юпитера притягивает другие массы в Солнечной системе. Эффективность этого притяжения более конкретно проявляется на телах, находящихся вблизи планеты. В силу этого притяжения эти тела совершают определенные движения. Мы можем наблюдать их характер с помощью наших телескопов, мы можем установить их количество, и на основе наших измерений мы можем рассчитать массу тела, с помощью которого были произведены эти движения. Это единственный метод, которым мы располагаем для исследования масс планет; и хотя его применение может быть трудным — не только из-за необходимых наблюдений, но также из-за сложности и глубины расчетов, которым должны быть подвергнуты эти наблюдения, - все же, по крайней мере, в случае Юпитера, нет никакой неопределенности в результате.

Задача особенно упрощается в случае с величайшей планетой нашей системы благодаря прекрасной системе лун, которая ее сопровождает. Эти маленькие луны вращаются под руководством Юпитера, и в их движение никто иным образом не вмешивается, чтобы помешать их использованию для нашей нынешней цели. Именно благодаря наблюдениям за спутниками Юпитера мы можем измерить силу его притяжения и, следовательно, рассчитать массу могущественной планеты.

Тем, кто не особо знаком с принципами механики, может показаться трудным осознать степень точности, на которую способен такой метод. И все же не может быть никаких сомнений в том, что его спутники сообщают нам о массе Юпитера и не оставляют погрешности, равной сотой части от общего количества. Если потребуются другие подтверждения, то их будет предостаточно. Малая планета иногда приближается к орбите Юпитера и испытывает его притяжение; планета вынуждена отклоняться от своего пути, и величину отклонения можно измерить. Исходя из этого измерения, массу Юпитера можно вычислить с помощью расчета, о котором здесь было бы невозможно дать отчет. Масса Юпитера, определенная этим методом, согласуется с массой, полученной совершенно иным способом по сравнению со спутниками.

Мы также еще не исчерпали ресурсы астрономии в ее отношении к этому вопросу. Мы можем отбросить планетарную систему и призвать на помощь комету, которая, проносясь по орбитам планет, время от времени испытывает большие, а иногда и чудовищные возмущения. Пока достаточно отметить, что в одном или двух случаях случалось, что отважные кометы проходили достаточно близко от Юпитера, чтобы быть сильно потревоженными его притяжением, а затем заявлять в своих измененных движениях о величине массы, которая на них повлияла. Спутники Юпитера, малые планеты и кометы - все они определяют массу гигантского шара; и, поскольку все они совпадают в результатах (по крайней мере, в чрезвычайно узких пределах), мы без колебаний можем заключить, что масса величайшей планеты нашей системы была определена с точностью.

Теперь необходимо изложить результаты этих мер. Они, конечно, показывают, что Юпитер значительно уступает солнцу — что на самом деле потребовалось бы около 1047 Юпитеров, объединенных в один, чтобы сформировать шар, равный по весу Солнцу. Они также

показывают нам, что потребовалось бы 316 шаров, таких же тяжелых, как наша Земля, чтобы уравновесить вес Юпитера.

Несомненно, это доказывает, что Юпитер - тело великолепных пропорций; но замечательное обстоятельство заключается не в том, что Юпитер должен быть в 316 раз тяжелее земли, а в том, что он ненамного больше. Разве мы не утверждали, что Юпитер в 1300 раз *больше* Земли? Как же тогда получается, что он всего в 316 раз *тяжелее*? Это сразу указывает на некоторый фундаментальный контраст между строением Юпитера и Земли. Как нам объяснить это различие? Мы можем представить себе два объяснения. Во-первых, можно предположить, что Юпитер состоит из материалов, частично или полностью неизвестных на земле. Однако существует альтернативное предположение, одновременно более философское и более соответствующее имеющимся данным. Это правда, что мы мало или вообще ничего не знаем о том, какими могут быть элементарные вещества на Юпитере, но одно из величайших открытий современной астрономии научило нас кое-чему об элементарных телах, присутствующих в других телах Вселенной, и продемонстрировало, что в значительной степени они идентичны элементарным телам на земле. Если Юпитер состоит из тел, сходных с земными, то есть один-единственный способ объяснить несоответствие между его размерами и массой. Возможно, лучший способ изложить этот аргумент будет найден при взгляде на отдаленную историю самой Земли, поскольку не кажется невозможным, что нынешнее состояние Юпитера само по себе было предопределено состоянием нашей земли бесчисленные века назад.

В предыдущей главе у нас была возможность указать на то, что земля, казалось, остывала по сравнению с более ранним и сильно нагретым состоянием. Чем дальше мы оглядываемся назад, тем горячее, кажется, был наш земной шар; и если мы перенесем наш взгляд назад, в достаточно отдаленную эпоху, мы увидим, что когда-то он, должно быть, был настолько горячим, что жизнь на его поверхности была бы невозможна. Мы находим, что еще раньше жара была такой, что вода не могла оставаться на земле; и поэтому представляется вероятным, что в какую-то невероятно отдаленную эпоху все океаны, ныне покоящиеся в глубинах на поверхности, и, возможно, значительная часть ее ныне твердой коры, должны были находиться в состоянии пара. Такое преобразование земного шара не изменило бы его *массы*, поскольку материалы весят одинаково независимо от их температурного состояния, но это изменило бы *размер* нашего земного шара в очень значительной степени. Если бы эти океаны превратились в пар, то атмосфера, наполненная мощными облаками, имела бы объем в несколько сотен раз больший, чем тот, который она имеет в настоящее время. При взгляде с далекой планеты затянутая облаками атмосфера указывала бы на видимый размер нашего земного шара, и, соответственно, ее средняя плотность казалась бы намного меньше, чем в настоящее время.

Из этих соображений становится очевидным, что несоответствие между размерами и массой Юпитера в отличие от нашей земли было бы полностью устранено, если бы мы предположили, что в настоящее время Юпитер был сильно нагретым телом, подобным состоянию нашей земли бесчисленные века назад. Каждое обстоятельство дела имеет тенденцию подтверждать этот аргумент. Мы определили небольшие размеры Луны как причину, по которой Луна остыла настолько, что ее вулканы стали тихими и неподвижными. Точно так же малость земли по сравнению с Юпитером объясняет тот факт, что Юпитер все еще сохраняет большую часть своего первоначального тепла, в то время как меньшая земля рассеяла большую часть его запасов. Этот аргумент иллюстрируется и усиливается, когда мы вводим в сравнение другие планеты. Как правило, мы обнаруживаем, что более мелкие

тела, такие как земля и Марс, имеют высокую плотность, что указывает на низкую температуру, в то время как планеты-гиганты, такие как Юпитер и Сатурн, имеют низкую плотность, что говорит о том, что они все еще сохраняют большую часть своего первоначального тепла. Мы говорим "первичное тепло", возможно, из-за отсутствия более правильного выражения; однако это будет указывать на то, что мы ни в малейшей степени не имеем в виду солнечное тепло, которого, действительно, большие внешние планеты получают гораздо меньше, чем те, что ближе к солнцу. Откуда могло исходить первоначальное тепло, вопрос пока ограничивается областью предположений.

Полное обоснование этих взглядов относительно Юпитера можно найти, внимательно изучив его поверхность в телескоп; к счастью, размеры планеты настолько велики, что даже на расстоянии в миллионы миль, превышающем количество дней в году, мы все еще можем проследить на ее поверхности некоторые существенные особенности.

На рисунке XI. приведена серия из четырех различных видов Юпитера. Они взяты из серии замечательных рисунков великой планеты, сделанных мистером Гриффитсом в 1897 году. На первом снимке показан вид земного шара в 10 часов 20 минут. Изображение по Гринвичскому времени 17 февраля 1897 года в мощный телескоп-рефрактор. На этом рисунке мы сразу замечаем, что очертания Юпитера имеют отчетливую эллиптическую форму. Поверхность планеты обычно имеет замечательную серию поясов, представленных здесь. Они почти параллельны друг другу и экватору планеты.

Когда Юпитер наблюдается в течение нескольких часов, внешний вид поясов претерпевает определенные изменения. Частично это связано с регулярным вращением планеты вокруг своей оси, которое менее чем за пять часов полностью унесет то полушарие, которое мы увидели впервые, и заменит его полушарием, первоначально находившимся с другой стороны. Но помимо возникающих при этом изменений, пояса и другие особенности на планете также очень изменчивы. Иногда появляются новые полосы или отметины, а старые исчезают; фактически, тщательное изучение Юпитера демонстрирует тот замечательный факт, что на нем нет никаких постоянных черт, которые можно было бы различить. Здесь нас сразу поражает контраст между Юпитером и Марсом; на меньшей планете основные топографические очертания почти неизменны, и оказалось возможным составить карты поверхности с достаточно точной детализацией; однако составить карту Юпитера невозможно — рисунок планеты, который мы сделаем сегодня вечером, будет отличаться от рисунка того же полушария, сделанного несколькими неделями позже.

Следует, однако, отметить, что на планете время от времени появляются объекты, которые кажутся гораздо более устойчивыми по своему характеру, чем пояса. Мы можем особо упомянуть объект, известный как большое продолговатое Красное пятно, которое является весьма примечательной особенностью южного полушария Юпитера с 1878 года. Этот объект, привлечший большое внимание наблюдателей, имеет около 30 000 миль в длину и около 7000 в ширину. Профессор Барнард отмечает, что чем старше пятна на Юпитере, тем более красными они, как правило, становятся.

Нам неотвратимо напрашивается вывод, что, когда мы смотрим на поверхность Юпитера, мы не видим никакого твердого тела. Недостаток постоянства в чертах планеты был бы понятен, если бы то, что мы видим, было просто атмосферой, заполненной облаками непроницаемой плотности. Пояса особенно подтверждают эту точку зрения; нам сразу вспоминаются экваториальные зоны на нашей собственной земле, и совсем не маловероятно, что наблюдатель, достаточно удаленный от земли, чтобы получить точное представление о ее внешнем виде, обнаружит на ее поверхности более или менее совершенные облачные

пояса, напоминающие пояса Юпитера. Вид нашей земли был бы, так сказать, промежуточным между видом Юпитера и Марса. В последнем случае видимость постоянных черт планеты лишь в незначительной степени затемняется облаками, плывущими над поверхностью. Наша земля всегда была бы частично, а часто, возможно, и очень сильно, покрыта облаками, в то время как Юпитер всегда кажется полностью окутанным.

Из другого класса наблюдений мы также узнали важную истину о том, что Юпитер не является твердым телом, по крайней мере внешне. Период вращения планеты вокруг своей оси определяется наблюдением определенных отметок, которые обладают достаточной определенностью и постоянством, чтобы подходить для этой цели. Предположим, что один из этих объектов находится в центре диска планеты; его положение тщательно измерено и отмечено время. С течением времени отметка перемещается к краю диска, затем огибает другую сторону планеты и снова возвращается к видимому диску. Когда он возвращается в исходное положение, время снова отсчитывается, и прошедший интервал называется периодом вращения пятна.

Если бы Юпитер был твердым телом и если бы эти особенности были выгравированы на его поверхности, тогда совершенно ясно, что время вращения, определяемое каким-либо одним пятном, должно точно совпадать со временем, определяемым любым другим пятном; но этого не наблюдается. На самом деле, было бы ближе к истине сказать, что каждое место имеет свой особый период. И различия не очень незначительны. Было обнаружено, что время, за которое красное пятно (широта которого составляет около 25° южной широты) совершает оборот, на пять минут больше, чем требуется для некоторых специфических белых отметок вблизи экватора. За красным пятном наблюдают уже около двадцати лет, и в течение большей части этого времени оно имело тенденцию вращаться все медленнее, как можно видеть из следующих значений периода его вращения:—

В 1879 году, 9 часов 55 минут 33 минуты 9 секунд.

В 1886 году, 9 часов 55 минут 40 минут 6 секунд.

В 1891 году, 9 ч. 55 м. 41·7с.

С 1891 года эта тенденция, по-видимому, прекратилась, в то время как пятно постепенно исчезало. Вообще говоря, мы можем сказать, что экваториальные области совершают оборот примерно за 9 часов 50 минут 20 секунд, а умеренные зоны - примерно за 9 часов 55 минут 40 секунд. Иногда встречаются замечательные исключения. Несколько небольших черных точек на 22° северной широты, которые вспыхнули в 1880 году и снова в 1891 году, вращались с 9 часов 48 минут до 9 часов 49 минут $\frac{1}{2}$ метра. Следовательно, можно считать несомненным, что шар Юпитера, насколько мы можем его видеть, не является твердым телом. Она состоит, во всяком случае, снаружи, из облаков и парообразных масс, которые, по-видимому, вызваны штормами предельной интенсивности, если судить по непрерывным изменениям поверхности планеты.

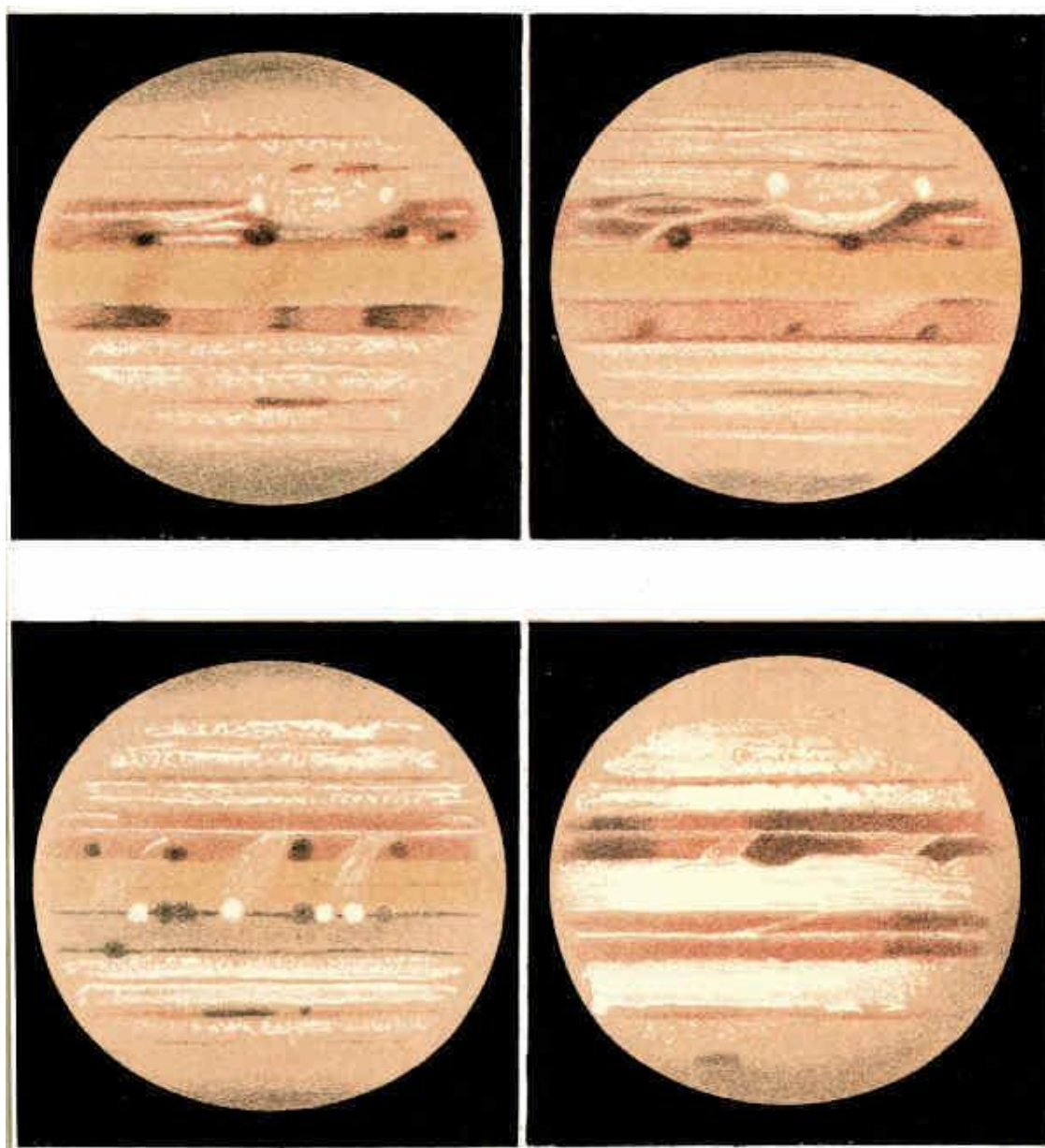
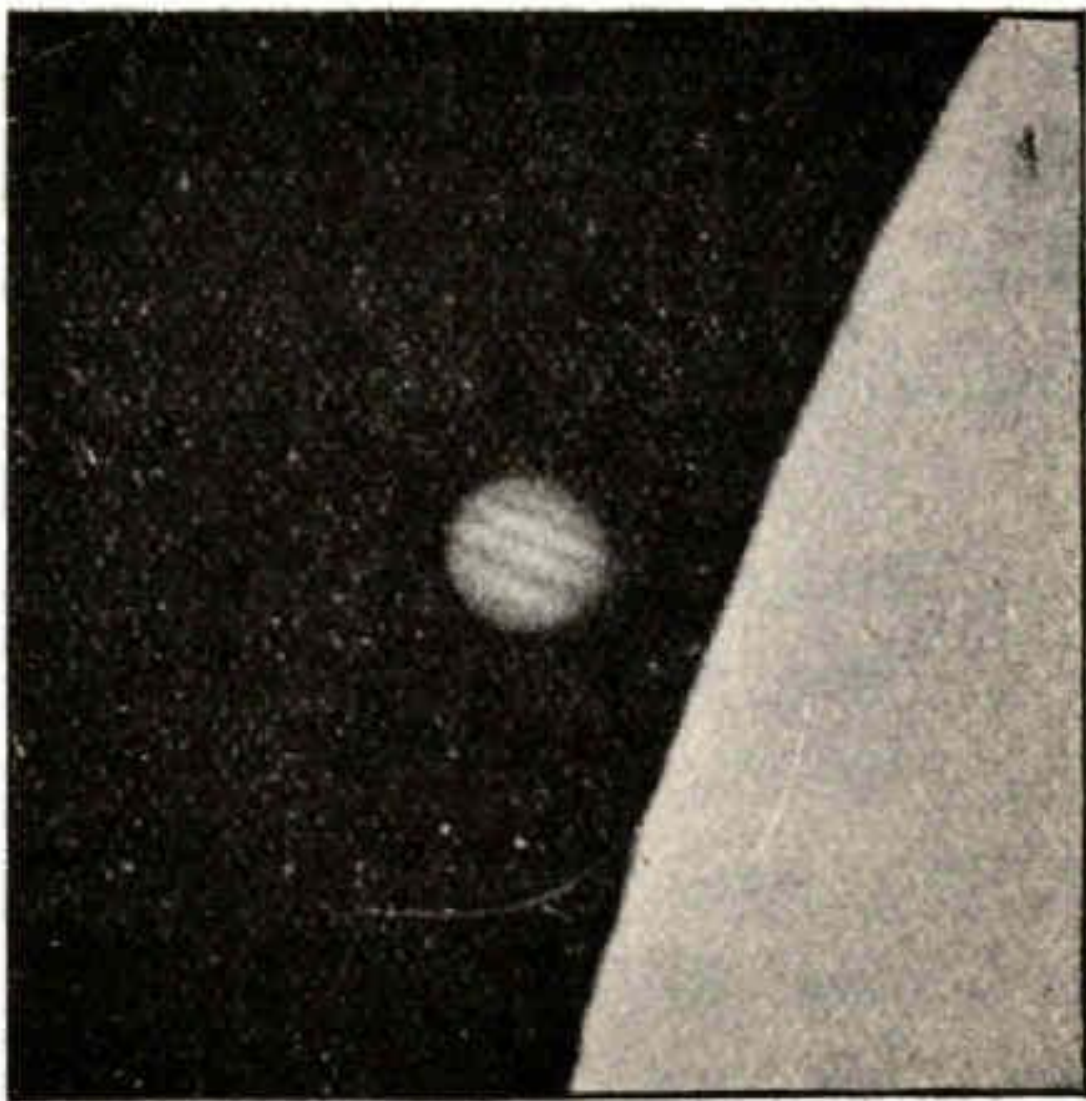


ФОТО XI.

2 февраля. 4 февраля.
12 февраля. 28 февраля.
ПЛАНЕТА ЮПИТЕР.
1897 ГОД.



Затмение Юпитера (1).

Рис. 57.—

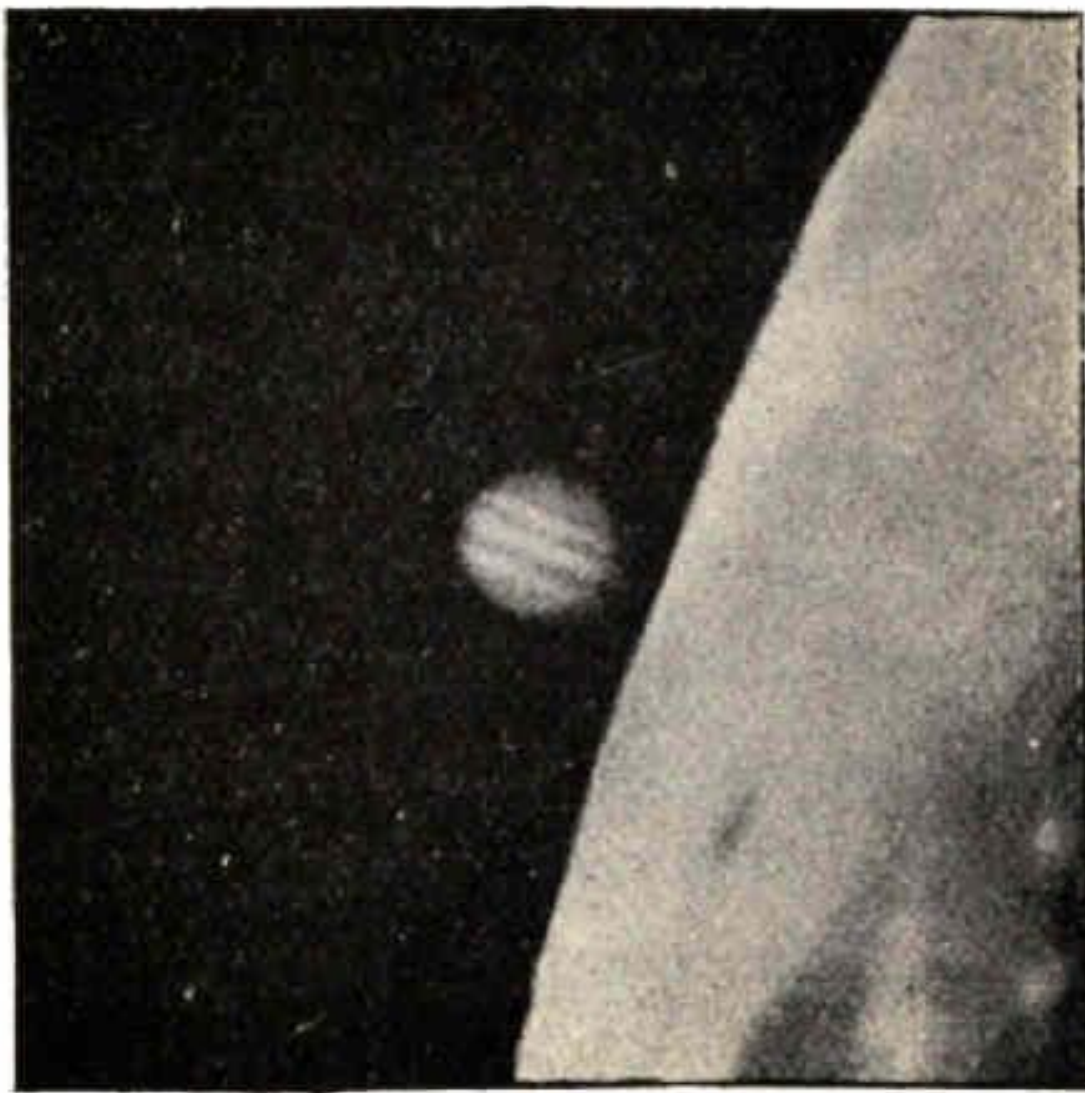
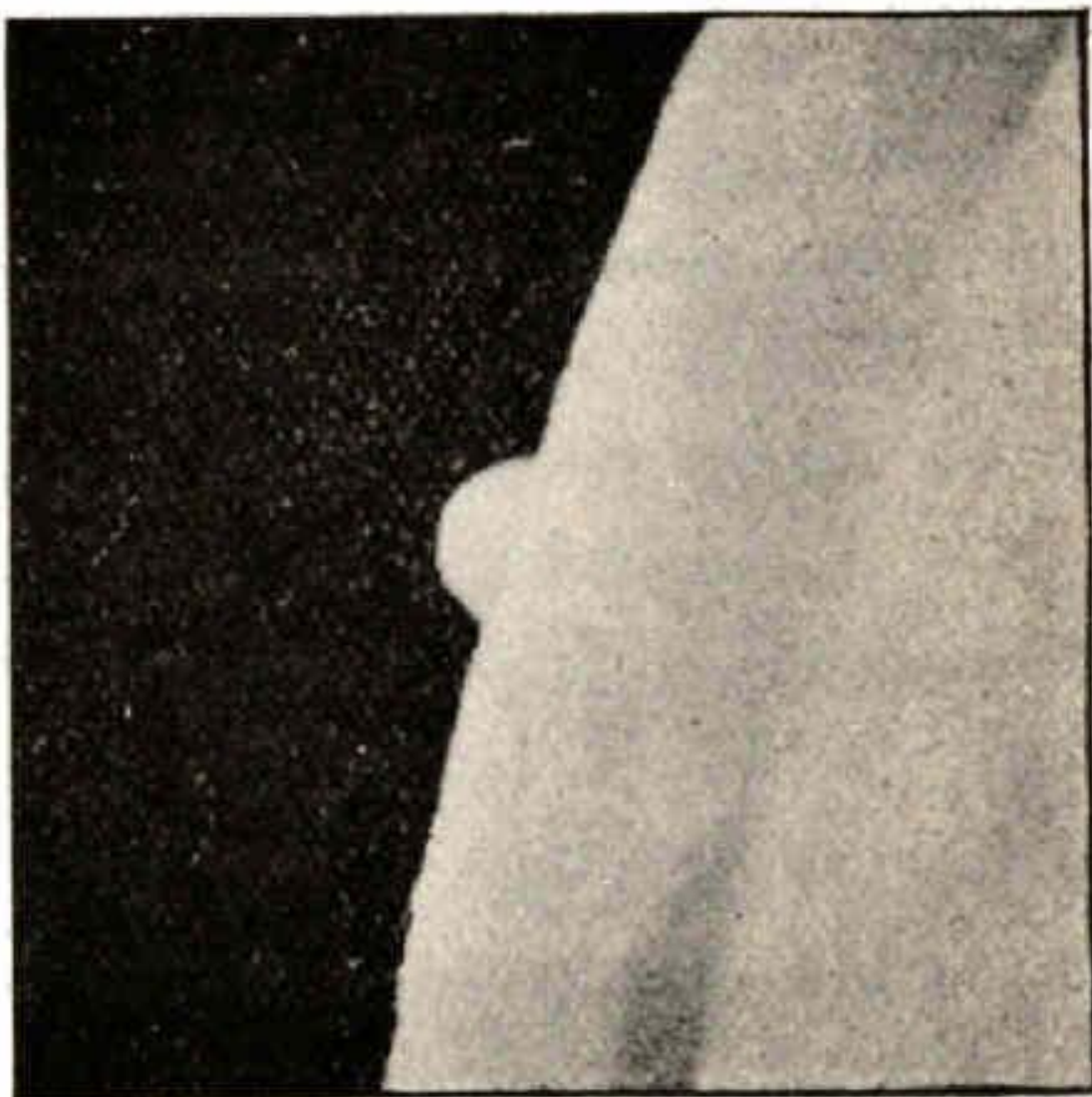


Рис. 58.—

Затмение Юпитера (2).



Затмение Юпитера (3).

Рис. 59.—



Рис. 60.—

Затенение Юпитера (4).

Были получены различные фотографии Юпитера; те, которые были сделаны в обсерватории Лик, особенно интересны и поучительны. Снимки планеты, полученные фотоаппаратом при примечательных обстоятельствах, представлены на рис. 57-60, которые были сделаны профессором У. М. Х. Пикерингом в Арекипе, Перу, 12 августа 1892 года. [21] Небольшой объект с поясами - планета Юпитер. Большой приближающийся диск (из которого можно показать только небольшую часть) - это Луна. Проиллюстрированное явление называется "затенением" планеты. На рис. 59 планета находится на полпути позади Луны, в то время как на рис. 60 половина планеты все еще скрыта темным краем Луны.

Хорошо известно, что бури, вызываемые сотрясением атмосферы, окружающей землю, в конечном счете следует отнести на счет солнечного тепла. Именно лучи великого светила, падая на обширные континенты, нагревают соприкасающийся с ними воздух. Этот нагретый воздух становится легче и поднимается вверх, в то время как воздух, замещающий его, должен поступать вдоль поверхности. Возникающие таким образом течения образуют легкий ветерок; в то время как при исключительных обстоятельствах мы сталкиваемся с такими явлениями, как циклоны и ураганы, все они вызваны солнечным теплом. Нужно ли нам добавлять, что дожди, которые так часто сопровождают штормы, также вызваны солнечными лучами, которые извлекли из широких просторов океана влагу, благодаря которой обновляется земля?

Штормы на Юпитере, по-видимому, намного сильнее, чем на земле. Однако интенсивность солнечного тепла на Юпитере составляет лишь ничтожную долю — на самом деле меньше, чем двадцать пятая часть, — от того, что получает земля. Невероятно, что движущая сила ужасающих бурь на великой пласети может быть полностью или даже в значительной степени обусловлена слабым влиянием солнечного тепла. Следовательно, мы вынуждены искать какой-то другой источник таких возмущений. Что это за источник, станет очевидным, если мы допустим, что Юпитер все еще сохраняет значительную долю первичного внутреннего тепла. Точно так же, как само солнце отвлекается на жестокие бури, сопровождающие его интенсивный внутренний пыл, так же, в меньшей степени, мы наблюдаем те же явления на Юпитере. Можно также заметить, что пятна на Солнце обычно располагаются более или менее правильными зонами, параллельными его экватору, и расположение их в этом отношении не отличается от расположения поясов на Юпитере.

Несмотря на то, что могущественная планета все еще сохраняет часть своего внутреннего тепла, остается открытым вопрос о том, насколько. Конечно, очевидно, что тепло планеты незначительно по сравнению с теплом солнца. Блеск Юпитера, который делает его объектом такого великолепия на нашем полуночном небе, происходит из того же великого источника, который освещает землю, Луну или другие планеты. Юпитер, на самом деле, светит отраженным солнечным светом, а не за счет какого-либо внутреннего света в его шаре. Прекрасное доказательство этой истины знакомо каждому пользователю телескопа. Маленькие спутники планеты иногда встают между ним и солнцем и отбрасывают тень на Юпитер. Тень черная, или, во всяком случае, она кажется черной по сравнению с блестящей окружающей поверхностью планеты. Следовательно, должно быть очевидно, что своим блеском Юпитер обязан солнцу. Спутники служат еще одним интересным доказательством этой истины. Одно из этих тел иногда попадает в тень Юпитера, и о чудо! маленькое тело исчезает. Это происходит потому, что Юпитер прекратил поступление солнечного света, который ранее делал спутник видимым. Но сама планета не в состоянии предложить спутнику никакого света в качестве компенсации за солнечный свет, который он перехватил.

[22]

Однако было продемонстрировано достаточно, чтобы мы могли высказать свое мнение по вопросу о том, может ли шар Юпитера быть населен живыми существами, похожими на земных. Очевидно, что этого не может быть. Внутренняя жара и страшные бури, по-видимому, исключают возможность органической жизни на огромной планете, даже если бы не было других аргументов, приводящих к тому же выводу. Можно, однако, утверждать, возможно, с некоторой долей правдоподобия, что Юпитер в отдаленном будущем имеет перспективу блестящей карьеры в качестве резиденции органической жизни. Несомненно, наступит время, когда внутреннее тепло должно уменьшиться, когда облака постепенно сконденсируются в океаны. Тогда на поверхности может появиться суша, и Юпитер станет пригодным для жизни.

От этого наброска самой планеты мы теперь перейдем к интересной и красивой системе из пяти спутников, которые сопровождают Юпитер. Мы, действительно, уже сочли необходимым несколько раз упомянуть об этих маленьких группах, но не до такой степени, чтобы помешать более официальному обращению, которое они теперь должны получить.

Открытие четырех главных спутников можно рассматривать как важную эпоху в истории астрономии. Это объекты, расположенные примечательным образом на границе, которая отделяет объекты, видимые невооруженным глазом, от тех, которые требуют телескопической помощи. Часто утверждалось, что эти объекты были замечены невооруженным глазом; но, не вступая ни в какие споры по этому поводу, достаточно

привести хорошо известный факт, что, хотя Юпитер был знакомым объектом на протяжении бесчисленных веков, даже самые зоркие глаза под самым ясным небом никогда не обнаруживали спутников, пока Галилей не направил на них недавно изобретенный телескоп. Эта трубка, без сомнения, была очень слабым прибором, но очень малой мощности хватало, чтобы показывать объекты, расположенные на пределе видимости.

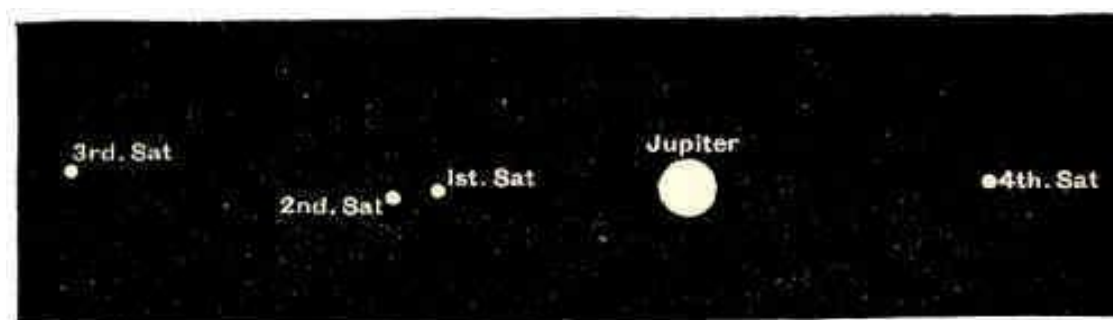


Рис. 61.

Юпитер и его четыре спутника, видимые в телескоп малой мощности.

Вид планеты и ее сложной системы спутников, показанный в телескоп средней мощности, представлен на рис. 61. Здесь мы видим большой глобус, и почти по линии, проходящей через его центр, лежат четыре маленьких объекта, три с одной стороны и один с другой. Эти маленькие тела напоминают звезды, но их можно отличить от них по их непрерывному движению вокруг планеты, которое они неизменно сопровождают на протяжении всего ее кругооборота по небу. Нет более приятного зрелища для изучающего, чем следить в свою подзорную трубу за движениями этой прекрасной системы.

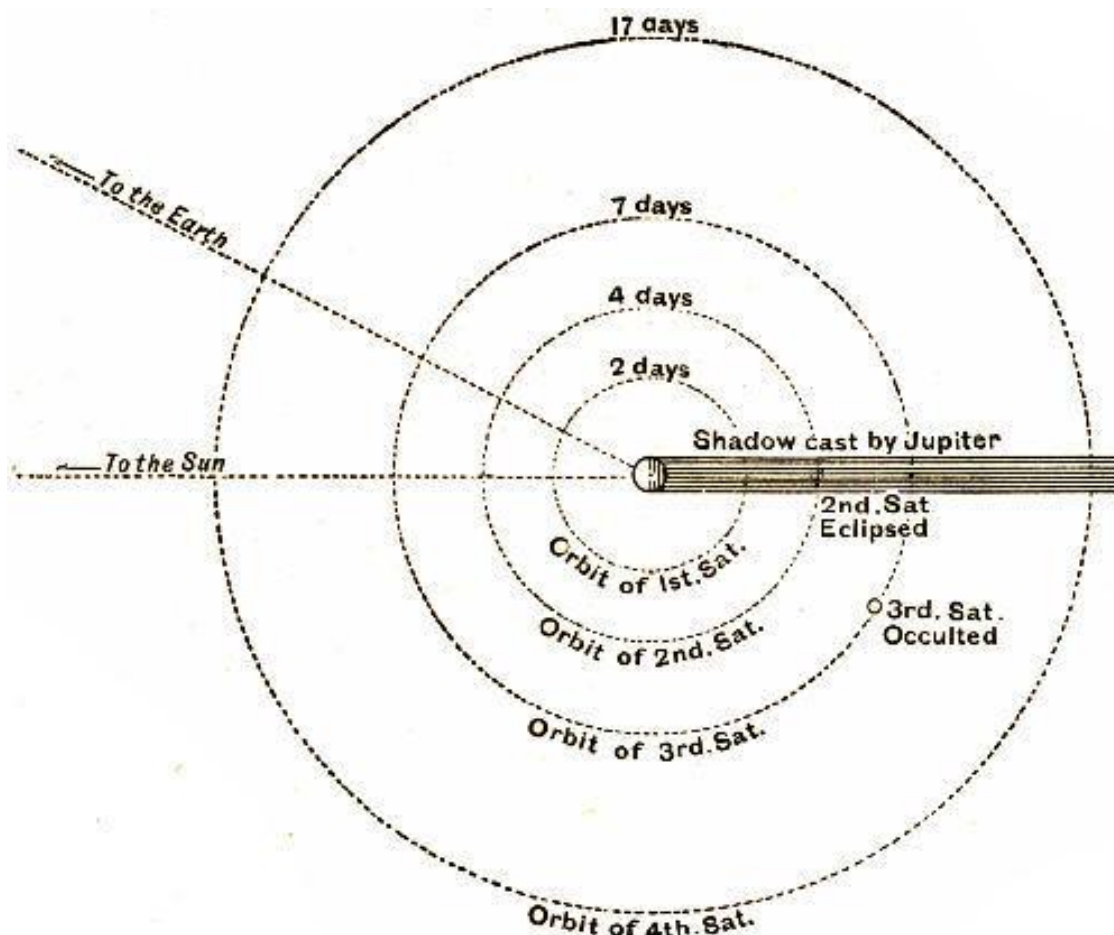


Рис.

62. Исчезновения спутников Юпитера.

На рис. 62 мы представили некоторые из различных явлений, которые представляют спутники. Длинная черная тень - это тень, возникающая в результате расположения Юпитера на пути солнечных лучей. Из-за большого расстояния до солнца эта тень будет простирается в форме очень вытянутого конуса далеко за пределы орбиты внешнего спутника. Вторым спутник погружен в эту тень и, следовательно, находится в состоянии затмения. Затмение спутника не следует приписывать вмешательству тела Юпитера между спутником и землей. Такое явление называется затенением, и третий спутник показан в этом состоянии. Таким образом, второй и третий спутники одинаково невидимы, но причина невидимости в двух случаях совершенно различна. Затмение - гораздо более поразительное явление из этих двух, потому что спутник в момент погружения в темноту может все еще находиться на некотором видимом расстоянии от края планеты и, таким образом, виден вплоть до момента затмения. При затмении спутник, проходящий за планетой, в момент исчезновения находится близко к яркому краю планеты, и исчезновение света от небольшого тела нельзя наблюдать с такой же впечатляющей, как при наступлении затмения.

Спутник также оказывается в другой примечательной ситуации, когда в процессе прохождения над поверхностью планеты. Сам спутник не всегда легко разглядеть при таких обстоятельствах, но красивая тень, которую он отбрасывает, образует резкое черное пятно на сверкающем шаре: спутник действительно, часто отбрасывает видимую тень, когда проходит между планетой и солнцем, даже если на самом деле в данный момент он не находится перед планетой, как это видно с земли.

Периоды, в течение которых четыре главных спутника Юпитера обращаются вокруг своей звезды, составляют соответственно 1 день 18 часов 27 минут. 34 секунды. для первого; 3 дня

по 13 часов 13 минут 42 секунды для второго; 7 дней по 3 часа 42 минуты. 33 секунды для третьего; и 16 дней, 16 часов 32 минуты 11 секунд. для четвертого. Таким образом, мы наблюдаем, что периоды обращения спутников Юпитера значительно короче, чем у нашей луны. Даже самому удаленному от большой планеты спутнику требуется на каждый оборот менее двух третей обычного лунного месяца. Самое внутреннее из этих тел, совершающее оборот менее чем за два дня, представляет собой поразительную серию непрерывных и быстрых изменений, и во время каждого оборота оно затмевается. Расстояние от центра Юпитера до орбиты самого внутреннего из этих четырех спутников составляет четверть миллиона миль, в то время как радиус самого внешнего составляет немногим более миллиона миль. Второй из спутников, удаляющихся от планеты, почти такого же размера, как наша луна; три других тела крупнее; третье - самое большое из всех (около 3560 миль в диаметре). Из-за миниатюрности спутников, видимых с земли, чрезвычайно трудно различить какие-либо отметки на их поверхностях, но несколько сделанных наблюдений, по-видимому, указывают на то, что спутники (как и наша Луна) всегда обращены одной и той же стороной к своему светилу. Профессор Барнард с помощью рефрактора грейт-Лик увидел белый экваториальный пояс на первом спутнике, в то время как его полюса были очень темными. мистер Дуглас, наблюдавший с помощью большого рефрактора мистера Лоуэлла, также сообщил о некоторых полосчатых отметинах на третьем спутнике.

Очень интересным астрономическим открытием было то, что сделал профессор Э.Э. Барнард в 1892 году. Он обнаружил с помощью 36-дюймового рефрактора Lick чрезвычайно маленький пятый спутник Юпитера на расстоянии 112 400 миль, обращающийся за период 11 часов 57 минут 22· 6 секунд. Его можно увидеть только в самые мощные телескопы.

Затмения спутников Юпитера наблюдались в течение многих лет, и время их возникновения было зафиксировано. Наконец было замечено, что среди затмений этих тел, как и среди всех других астрономических явлений, царит определенный порядок. Когда однажды были поняты законы, согласно которым затмения повторялись, последовали обычные последствия. Стало возможным предсказывать время, когда затмения произойдут в будущем. Соответственно, были сделаны прогнозы, и было обнаружено, что они приблизительно подтвердились. Затем были усовершенствованы дальнейшие вычисления, и была предпринята попытка предсказать время с еще большей точностью. Но когда дело доходило до определения фактической минуты, в которую должно произойти затмение, ожидания не всегда оправдывались. Иногда затмение наступало на пять или десять минут раньше, чем следовало. Иногда оно запаздывало на пять или десять минут. Несоответствия такого рода всегда требуют внимания. Действительно, при правильном их использовании часто делаются открытия, и один из самых интересных примеров находится сейчас перед нами.

В конце концов стало ясно, что нерегулярность в наступлении затмений соответствует определенным правилам. Было замечено, что когда земля находилась близко к Юпитеру, затмение обычно происходило раньше предсказанного времени; в то время как когда земля оказывалась на стороне своей орбиты, удаленной от Юпитера, затмение происходило позже предсказанного времени. Как только это было доказано, датский астроном Ремер в 1675 году быстро сделал великое открытие. Когда спутник попадает в тень, его свет постепенно уменьшается, пока не исчезнет совсем. Именно последний луч света от спутника, находящегося в состоянии затмения, определяет время затмения; но этот луч света должен пройти от спутника к земле и попасть в наш телескоп, прежде чем мы сможем заметить это явление. Раньше считалось, что свет распространяется мгновенно, поэтому предполагалось,

что момент, когда произошло затмение, был моментом, когда затмение было видно в телескоп. Теперь это считалось неправильным. Было обнаружено, что свету требуется время для прохождения. Когда земля находилась сравнительно недалеко от Юпитера, свету оставалось пройти совсем немного пути, информация о затмении поступила быстро, и затмение было замечено раньше, чем указывали расчеты. Когда земля находилась далеко от Юпитера, путь света был более длительным и занимал больше среднего времени, так что затмение произошло позже, чем предполагалось ранее.....икция. Это простое объяснение устранило трудности, связанные с предсказаниями затмений спутников. Но открытие имело гораздо более важное значение. Из него мы узнали, что свет обладает измеримой скоростью, которая, согласно недавним исследованиям, составляет 186 300 миль в секунду.

Одна из самых известных попыток определить расстояние до солнца основана на сочетании экспериментов по определению скорости света с астрономическими измерениями. Это метод значительного усовершенствования и интереса, и хотя он не настолько удовлетворяет всем необходимым условиям, чтобы сделать его совершенно удовлетворительным, все же невозможно избежать некоторых ссылок на него здесь. Несмотря на то, что скорость света настолько огромна, оказалось возможным измерить эту скорость путем реальных испытаний. Это одно из самых тонких экспериментальных исследований, которые когда-либо проводились. Если так трудно измерить скорость винтовочной пули, то что мы скажем о скорости луча света, которая почти в миллион раз больше? Как нам изобрести устройство, достаточно тонкое, чтобы определить скорость, с которой земля обогнула бы экватор не менее семи раз за одну секунду? Обычные средства измерения здесь бесполезны; мы должны изобрести инструмент совершенно иного характера.

Пытаясь определить скорость движущегося тела, мы сначала отмечаем определенное расстояние, а затем измеряем время, которое требуется телу, чтобы преодолеть это расстояние. Мы определяем скорость железнодорожного состава по времени, которое ему требуется, чтобы пройти от одного контрольно-пропускного пункта до следующего. Мы узнаем скорость винтовочной пули с помощью хитроумного устройства, действительно основанного на том же принципе. Чем больше скорость, тем желательнее, чтобы расстояние, пройденное в ходе эксперимента, было как можно большим. Поэтому, имея дело с измерением скорости света, мы выбираем для нашего измеряемого расстояния наибольшую длину, которая может быть удобной. Однако необходимо, чтобы два конца линии были видны друг от друга. Холм в миле или двух от нас будет подходящим местом для удаленной станции, и расстояние выбранной точки на холме от наблюдателя должно быть тщательно измерено.

Теперь задача легко сформулирована. Луч света должен быть отправлен наблюдателем на удаленную станцию, и должно быть измерено время, затраченное этим лучом на путешествие. Мы можем предположить, что наблюдатель с помощью подходящего приспособления установил фонарь, из которого исходит тонкий луч света. Предположим, что она проходит весь путь до отдаленной станции и там падает на поверхность отражающего зеркала. Мгновенно она будет отклонена отражением в новом направлении в зависимости от наклона зеркала. При соответствующей регулировке последний может быть расположен таким образом, чтобы свет падал на него перпендикулярно, и в этом случае луч, конечно, вернется в том направлении, в котором он пришел. Пусть зеркало будет зафиксировано в этом положении на протяжении всего эксперимента. Из этого следует, что луч света, исходящий от фонаря, будет возвращен к фонарю после того, как он совершит путешествие к отдаленной станции и обратно. Затем представьте небольшую заслонку, расположенную

перед фонарем. Мы открываем заслонку, луч направляется к удаленному отражателю и обратно через отверстие. Но теперь, после того как мы позволили лучу пройти через заслонку, предположим, мы попытаемся закрыть ее до того, как луч успеет вернуться обратно. Какие пальцы могут быть достаточно ловкими, чтобы сделать это? Даже если бы удаленная станция находилась в десяти милях от нас, так что свету предстояло пройти десять миль до зеркала и десять миль до возвращения, все равно весь путь был бы пройден примерно за девятитысячную долю секунды - период настолько короткий, что даже будь он в тысячу раз длиннее, вряд ли хватило бы ловкости рук, чтобы закрыть отверстие. Тем не менее, может быть сконструирован затвор, который должен быть достаточно деликатным для этой цели.

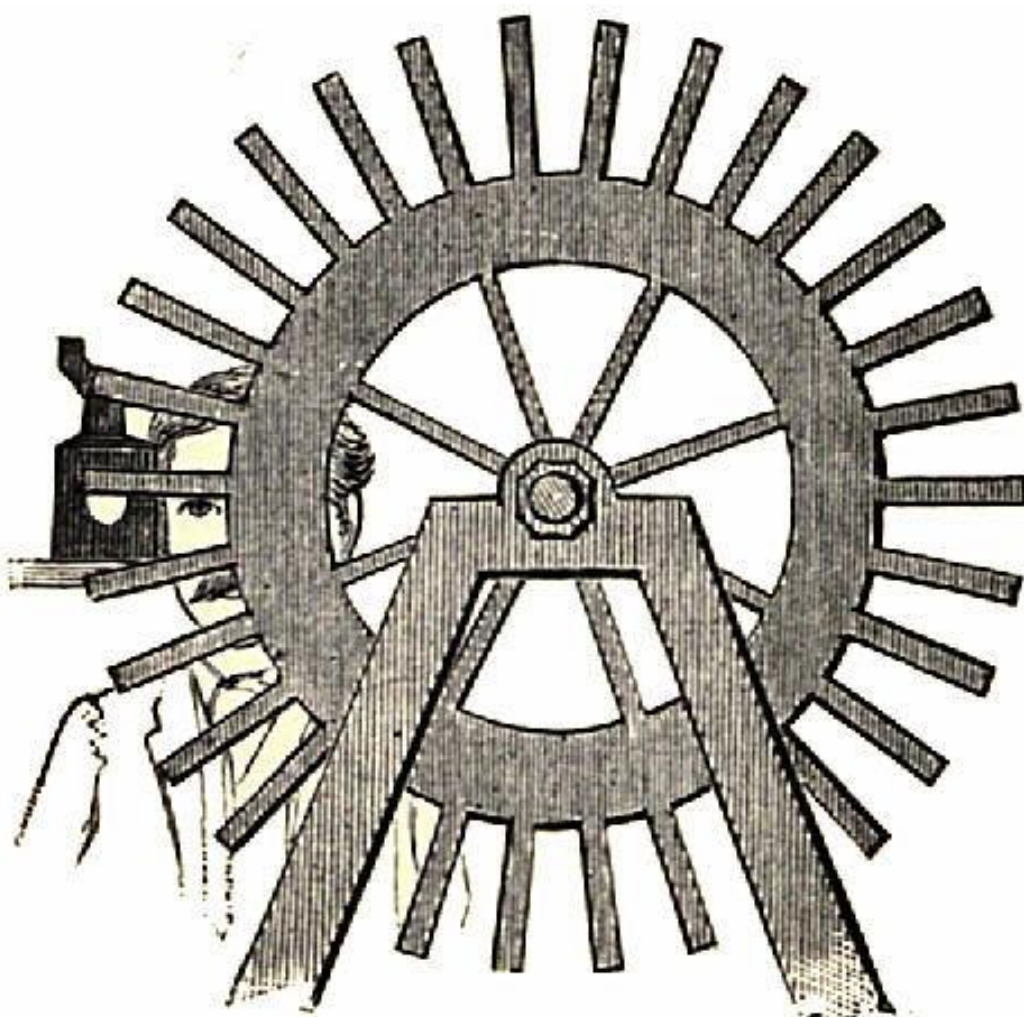


Рис. 63.—

Режим измерения скорости света.

Принцип этого прекрасного метода будет достаточно очевиден из диаграммы на этой странице (рис. 63), которая взята из "Популярной астрономии" Ньюкомба. На рисунке изображены фонарь и наблюдатель, а также большое колесо с выступающими зубьями. Каждый зуб, проходя по кругу, затмевает луч света, исходящий от фонаря, а также глаз, который, конечно, направлен на зеркало на дальней станции. При показанном здесь положении колеса луч от фонаря будет проходить к зеркалу и обратно так, чтобы быть видимым глазу; но если колесо вращается, может случиться так, что луч, покинув фонарь, не успеет вернуться до того, как следующий зуб колеса окажется перед глазом и заслонит его.

Если колесо вращать еще быстрее, следующий зуб, возможно, прошел мимо глаза, так что луч снова становится видимым. Скорость, с которой вращается колесо, можно измерить. Таким образом, мы можем определить время, за которое один из зубцов проходит перед глазом; соответственно, у нас есть мера времени, затраченного лучом света на двойное путешествие, и, следовательно, у нас есть измерение скорости света.

Таким образом, оказывается, что мы можем определить скорость света либо по наблюдениям за спутниками Юпитера, либо путем экспериментальных исследований. Если мы воспользуемся последним методом, то получим право вывести замечательные астрономические следствия. Фактически, мы можем использовать этот метод для решения той великой проблемы, на которую так часто ссылаются, — расстояния от земли до Солнца, — хотя по точности он не может соперничать с некоторыми другими методами.

Размеры солнечной системы настолько велики, что солнечному лучу требуется значительный промежуток времени, чтобы преодолеть пропасть, отделяющую землю от солнца. Восемь минут - это приблизительно продолжительность путешествия, так что в любой момент мы видим солнце таким, каким оно предстало за восемь минут до этого наблюдателю, находящемуся в непосредственной близости от него. На самом деле, если бы солнце внезапно скрылось, его можно было бы видеть ослепительно сияющим в течение восьми минут после того, как оно действительно исчезло. Мы можем определить этот период по затмениям спутников Юпитера.

Пока спутник светит, он излучает поток света через огромное пространство между Юпитером и землей. Когда начинается затмение, маленький шар больше не светится, но, тем не менее, на его пути находится длинный поток света, и пока все это не попадет в наши телескопы, мы все еще видим спутник, сияющий по-прежнему. Если бы мы могли вычислить момент, когда затмение действительно произошло, и если бы мы могли наблюдать момент, в который видно затмение, разница между ними дает время, которое свет занимает в пути. Это можно найти с некоторой точностью; и, поскольку мы уже знаем скорость света, мы можем определить расстояние Юпитера от земли; и, следовательно, вывести масштаб солнечной системы. Следует, однако, отметить, что на обоих этапах процесса существуют характерные источники неопределенности. Возникновение затмения не является мгновенным явлением. Спутник достаточно велик, чтобы ему потребовалось значительное время для пересечения границы, определяющей тень, так что наблюдение затмения не может быть достаточно точным, чтобы лечь в основу важного и точного измерения. [23] Еще большие трудности сопровождают попытку определить истинный момент наступления затмения таким, каким его увидел бы наблюдатель, находящийся поблизости от спутника. Для этого нам потребовалась бы гораздо более совершенная теория движения спутников Юпитера, чем та, которая достижима в настоящее время. Этот метод определения расстояния до солнца не дает перспективы получения результата с точностью до одной тысячной доли его величины, и мы можем отказаться от него, поскольку другие доступные методы, по-видимому, допускают гораздо более высокую точность.

Четыре главных спутника Юпитера представляют особый интерес для математика, который находит в них наиболее поразительный пример универсальности закона всемирного тяготения. Эти тела, конечно, в основном управляются в своих движениях притяжением великой планеты; но они также притягивают друг друга, и в результате возникают определенные любопытные последствия.

Среднее движение первого спутника за каждый день вокруг центра Юпитера составляет $203^{\circ} \cdot 4890$. Значение второго составляет $101^{\circ} \cdot 3748$, а третьего - $50^{\circ} \cdot 3177$. Эти величины настолько взаимосвязаны, что будет обнаружено соблюдение следующего закона:

Среднее движение первого спутника, добавленное к удвоенному среднему движению третьего, в точности равно трехкратному среднему движению второго.

Существует другой закон аналогичного характера, который выражается следующим образом (средняя долгота представляет собой угол между фиксированной линией и радиусом до среднего местоположения спутника): если к средней долготе первого спутника прибавить вдвое среднюю долготу третьего и вычесть втрое среднюю долготу второго, разница всегда составит 180° .

Эти принципы были впервые открыты в результате наблюдений. Лаплас, однако, показал, что если бы спутники вращались примерно таким образом, то их взаимные возмущения в соответствии с законом всемирного тяготения навсегда удерживали бы их в этом относительном положении.

В заключение отметим, что открытие спутников Юпитера дало большое подтверждение теории Коперника. Коперник просил мир поверить, что наше солнце - это большой шар, а земля и все другие планеты - это маленькие тела, вращающиеся вокруг большого. Эта доктрина, столь противоречащая ранее существовавшим теориям и непосредственным данным наших органов чувств, могла быть подтверждена только утонченным ходом рассуждений. Открытие спутников Юпитера было очень кстати. Здесь мы имели прекрасную наглядную демонстрацию системы, хотя, конечно, в гораздо меньшем масштабе, в точности идентичной той, которую предложил Коперник. Астроном, наблюдавший за вращением спутников Юпитера вокруг своей звезды, заметивший их затмения и все сопутствующие им интересные явления, совершенно безошибочно увидел перед своими глазами, что великая планета управляет этими маленькими телами и заставляет их вращаться вокруг себя, и таким образом продемонстрировал миниатюру самой великой солнечной системы. "Как и в случае с пятнами на солнце, объявление Галилея об этом открытии было воспринято с недоверием теми философами того времени, которые верили, что все в природе описано в трудах Аристотеля. Один выдающийся астроном Клавиус сказал, что для того, чтобы увидеть спутники, нужно иметь телескоп, в который они будут видны; но он изменил свое мнение, как только увидел их сам. Другой философ, более благоразумный, отказался поднести свой глаз к телескопу, чтобы не увидеть их и не убедиться. Вскоре после этого он умер. "Я надеюсь, - сказал язвительный Галилей, - что он видел их по пути на небеса"" [24]

ГЛАВА XIII.

САТУРН.

Положение Сатурна в системе—Сатурн один из трех самых интересных объектов на Небесах—Сравнение с Юпитером—Сатурн невооруженным глазом—Статистика, касающаяся планеты—Плотность Сатурна—Легче воды—Исследования Галилея—Что он нашел в Сатурне—Таинственный объект—Открытия, сделанные Гюйгенсом полвека спустя—Как было продемонстрировано существование Кольца—Невидимость Колец каждые пятнадцать лет—Вращение планеты—Знаменитый Шифр—Объяснение—Рисунок Сатурна—

Темная линия—W. Исследования Гершеля —Действительно ли Разделение в Кольце является разделением?—Возможность решения вопроса—Кольцо в критическом положении—Есть ли в Кольце другие Разделения?— Темное кольцо — Физическая природа колец Сатурна — Могут ли они быть твердыми?—Могут ли они быть даже тонкими кольцами?—Жидкими?—Истинная природа Колец—Множество малых спутников—Аналогия Колец Сатурна с группой Малых планет—Проблемы, предложенные Сатурном—Группа спутников Сатурна—Открытия дополнительных спутников—Орбита Сатурна не является границей нашей Системы.

Находясь на большом расстоянии в космосе, которое в среднем составляет 886 000 000 миль, планета Сатурн совершает свой мощный оборот вокруг Солнца за двадцать девять с половиной лет. Эта гигантская орбита образовывала границу планетной системы, насколько она была известна древним.

Хотя Сатурн не такое большое тело, как Юпитер, все же он значительно превосходит землю по объему и по массе и, действительно, намного больше любой из планет, за исключением одного только Юпитера. Но хотя Сатурн должен уступить пальму первенства Юпитеру в том, что касается простых размеров, все же будет общепризнано, что даже Юпитер со всей свитой, которая его сопровождает, не может соперничать по красоте с чудесной системой Сатурна. Нынешнему автору всегда казалось, что Сатурн является одним из трех наиболее интересных небесных объектов, видимых наблюдателями в северных широтах. Два других займут наше внимание в следующих главах. Это большая туманность Ориона и звездное скопление Геркулеса.

Что касается шара Сатурна, то мы не встречаем никаких особенностей, которые придавали бы планете какой-либо исключительный интерес. Земной шар меньше, чем у Юпитера, и поскольку последний также намного ближе к нам, видимый размер Сатурна в два раза меньше, чем у Юпитера. Следует также отметить, что из-за большего расстояния Сатурна от солнца его внутренний блеск меньше, чем у Юпитера. Несомненно, на Сатурне часто можно увидеть определенные отметины и полосы, но они далеко не так бросаются в глаза и не так характерны, как постоянно меняющиеся пояса на Юпитере. Телескопический вид шара Сатурна также должен быть оценен как значительно менее интересный, чем вид Марса. Тонкость деталей, которую мы можем наблюдать на Марсе при удачном расположении, не имеет аналогов на тусклом и далеком Сатурне. И Сатурн, рассматриваемый опять же просто как шар, не имеет ничего общего с интересами Венеры. Великое великолепие Венеры совершенно несравнимо с великолепием Сатурна, в то время как сверкающий полумесяц вечерней звезды бесконечно приятнее, чем любой вид шара Сатурна в телескоп. Тем не менее, даже если мы признаем все это в полной мере, это не отменяет притязаний Сатурна на звание одного из самых в высшей степени красивых и интересных объектов на небесах. Этот интерес вызван не его глобусом, а той чудесной системой колец, которой окружен Сатурн, — системой, замечательной со всех точек зрения и, насколько нам известно, не имеющей аналогов на обширных просторах Вселенной.

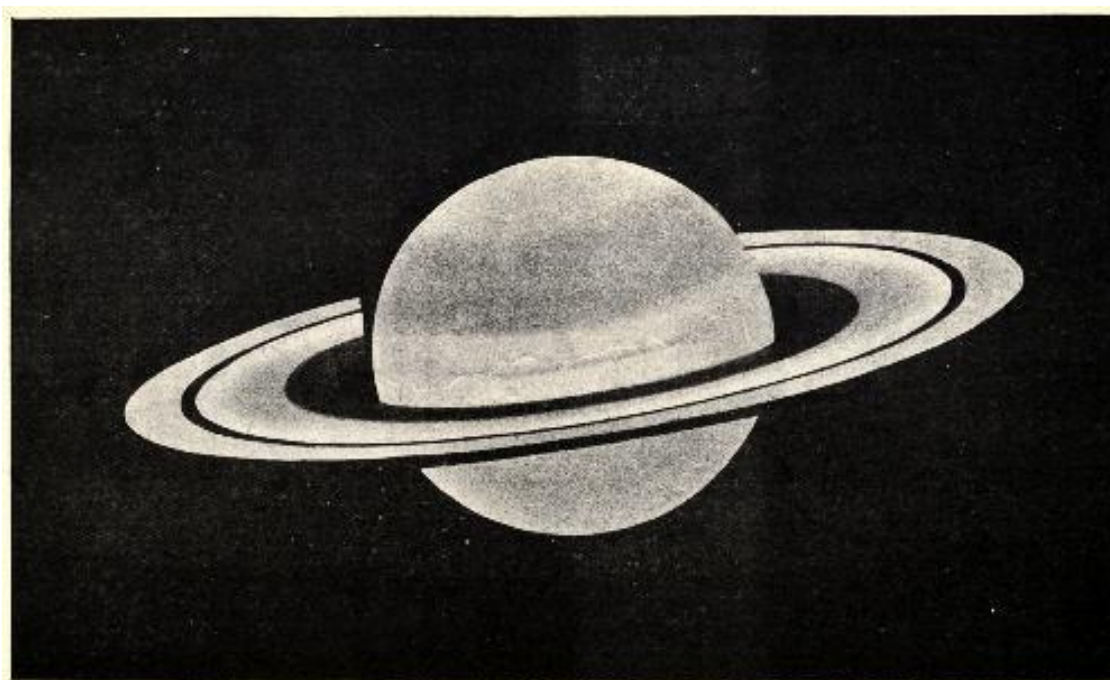


Рис. 64. сатурн.

(2 июля 1894 г., 36 дюймов. экваториальный.) (Проф. Э.Э. Барнард.)

Невооруженному глазу Сатурн обычно кажется звездой первой величины. Одного его света было бы едва ли достаточно, чтобы отличить его от многих более ярких неподвижных звезд. И все же древние были знакомы с Сатурном и знали его как планету. Она была включена вместе с другими четырьмя великими планетами — Меркурием, Венерой, Марсом и Юпитером — в группу странников, которые не были привязаны к каким-либо фиксированным точкам неба, как звезды. Из-за большого расстояния от Сатурна его движение намного медленнее, чем у других планет, известных древним. Двадцать девять с половиной лет требуется этому удаленному объекту, чтобы завершить свой кругооборот по небу; и, хотя это движение медленное по сравнению с непрерывными изменениями Венеры, все же оно достаточно быстрое, чтобы привлечь внимание любого внимательного наблюдателя. За один год Сатурн проходит расстояние примерно в двенадцать градусов - величину, достаточно большую, чтобы быть заметной при случайном наблюдении. Даже за месяц, а иногда и за неделю, планета пересекает небесную дугу, которая может быть обнаружена любым, кто возьмет на себя труд отметить положение планеты относительно звезд в ее окрестностях. Те, кому выпала честь пользоваться точными астрономическими приборами, могут легко обнаружить движение Сатурна за несколько часов.

Среднее расстояние от солнца до Сатурна составляет около 886 миллионов миль. Путь Сатурна, как и любой другой планеты, на самом деле представляет собой эллипс с солнцем в одном фокусе. В случае Сатурна форма этого эллипса очень заметно отличается от чисто круговой траектории. По этой траектории Сатурн движется со средней скоростью 5.96 миль в секунду.

Средний диаметр шара Сатурна составляет около 71 000 миль. Его экваториальный диаметр составляет около 75 000 миль, а полярный диаметр — 67 000 миль - соотношение этих чисел примерно равно 10 к 9. Таким образом, очевидно, что Сатурн очень заметно отклоняется от истинно сферической формы. Выпуклость на его экваторе, без сомнения, следует отнести за счет высокой скорости, с которой вращается планета. Скорость вращения Сатурна более чем в два раза выше, чем у Земли, хотя и не такая быстрая, как у Юпитера. Сатурн совершает

один полный оборот примерно за 10 часов 14 минут. Мистер Стэнли Уильямс, однако, с большой тщательностью наблюдал за рядом обнаруженных им пятен и обнаружил, что некоторые из этих пятен примерно на 27° северной широты указывают на вращение с периодом 10 часов 14 минут. до 15 мин., в то время как для экваториальных пятен требуется не более 10 ч. 12 мин. до 13 мин. Однако существует особенность, заключающаяся в том, что пятна на одной и той же широте, но в разных частях планеты, вращаются со скоростью, которая отличается на минуту или более, в то время как период, определяемый различными группами пятен, по-видимому, меняется из года в год.

Эти факты доказывают, что Сатурн и пятна не образуют жесткой системы. Легкость этой планеты такова, что совершенно несовместима с предположением, что ее земной шар состоит из твердых материалов, вообще сравнимых с теми, из которых состоит кора нашей земли. Спутники, окружающие Сатурн и образующие систему, лишь менее интересную, чем сами известные кольца, позволяют нам взвесить планету по сравнению с Солнцем и, следовательно, определить ее фактическую массу относительно земли. Результат не на шутку примечателен. Оказывается, что плотность Земли в восемь раз больше плотности Сатурна. На самом деле плотность последней меньше плотности самой воды, так что огромный водяной шар, равный по объему Сатурну, на самом деле весил бы больше. Если бы мы могли представить себе огромный океан, в который был бы брошен шар, равный Сатурну по размеру и весу, этот огромный шар не затонул бы, как наша земля или любая другая планета; он плавал бы на поверхности, подняв одну четвертую часть своего объема над водой.

Таким образом, мы с высокой вероятностью узнаем, что то, что показывают наши телескопы на Сатурне, - это не твердая поверхность, а всего лишь обширная оболочка облаков, окружающая нагретую внутреннюю часть. Невозможно устоять перед предположением, что эта планета, как и Юпитер, все еще сохраняет свое тепло, потому что ее масса так велика. Мы должны, однако, сослаться на обстоятельство, которое, возможно, может показаться несколько несовместимым с принятой здесь точкой зрения. Мы обнаружили, что Юпитер и Сатурн оба имеют гораздо меньшую плотность, чем Земля. Когда мы сравниваем две планеты вместе, оказывается, что Сатурн намного менее плотный, чем Юпитер. Фактически, каждая кубическая миля Юпитера весит почти вдвое больше, чем каждая кубическая миля Сатурна. Это, по-видимому, указывает на вывод о том, что Сатурн более нагретое из двух тел. Тем не менее, поскольку Юпитер крупнее, более разумно было бы ожидать, что он будет более горячим, чем другая планета. Мы не пытаемся примирить это несоответствие; на самом деле, при нашем незнании материального строения этих тел было бы бесполезно обсуждать этот вопрос.

Даже если мы примем во внимание легкость Сатурна по сравнению с землей, все же объем Сатурна настолько огромен, что планета весит более чем в девяносто пять раз больше земли. На соседнем рисунке показаны относительные размеры Сатурна и Земли (рис. 65).

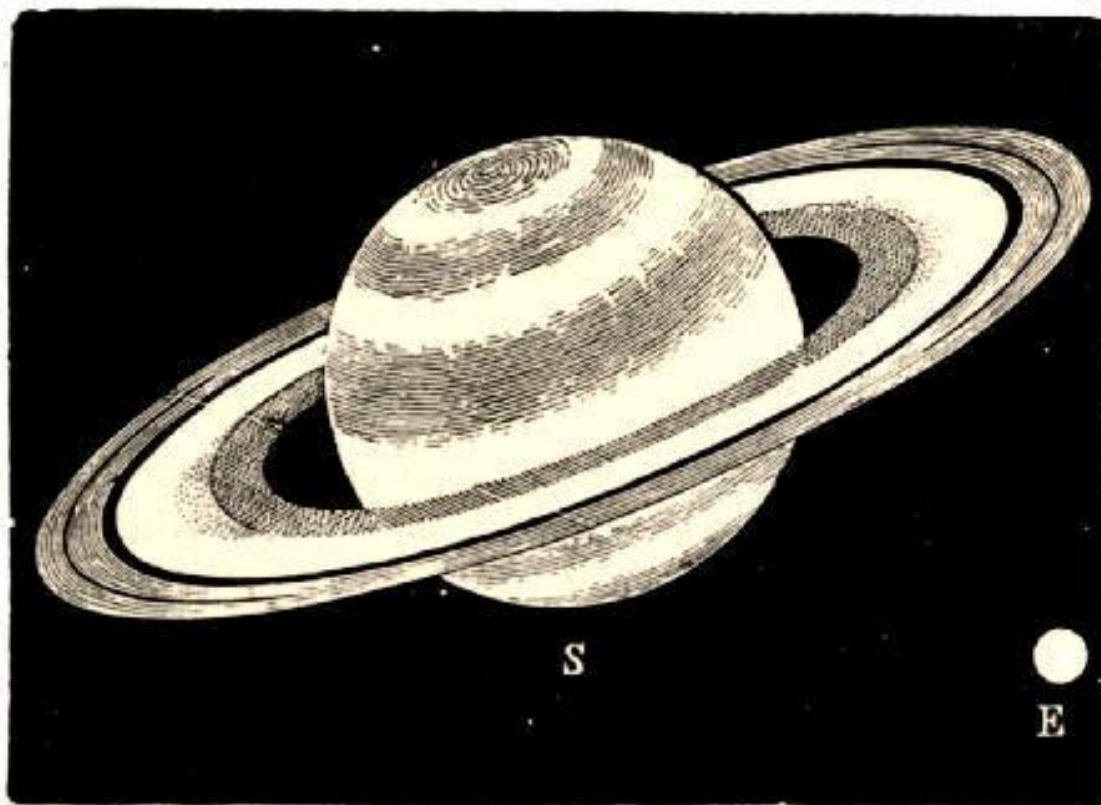


Рис.

65. Относительные размеры сатурна и Земли.

Поскольку невооруженному глазу не видно ни одного из тех чудес, которыми окружен Сатурн, можно сказать, что интерес к этой планете зародился с того времени, когда за ней начали наблюдать в телескоп. Необходимо кратко остановиться на этой истории, поскольку лишь постепенно была понята истинная природа этого сложного объекта. Когда Галилей достроил свой маленький телескоп-рефрактор, который, хотя и увеличивался всего в тридцать раз, все же был огромным дополнением к возможностям невооруженного зрения, он совершил с его помощью свой незабываемый обзор небес. Он видел пятна на солнце и горы на Луне; он заметил полумесяц Венеры и спутники Юпитера. Воодушевленный такими блестящими открытиями, он, естественно, стремился исследовать другие планеты и соответственно направил свой телескоп на Сатурн. И здесь Галилей снова сразу же совершил открытие. Он увидел, что Сатурн имеет видимую форму, подобную другим планетам, но отличается от любого другого объекта, наблюдаемого в телескоп, поскольку ему казалось, что он состоит из трех тел, которые всегда касаются друг друга и всегда занимают одно и то же относительное положение. Эти три тела располагались в линию — центральное было самым большим, а два других находились к востоку и западу от него. До сих пор он не видел на небесах ничего такого, что приводило бы его в такое изумление и казалось таким совершенно необъяснимым.

В своих попытках понять этот загадочный объект Галилей продолжил свои наблюдения в течение 1610 года, и, к своему изумлению, он увидел, что два меньших тела постепенно становились все меньше и меньше, пока в течение двух последующих лет они полностью не исчезли, и планета просто появилась с круглым диском, похожим на Юпитер. И здесь у Галилея снова возник новый источник беспокойства. В тот день ему пришлось бороться с защитниками древней системы астрономии, которые высмеивали его открытия и отказывались принимать его теории. Он объявил о своем наблюдении сложной природы Сатурна; теперь ему предстояло рассказать о постепенном упадке и окончательном исчезновении этих двух вспомогательных шаров, и он, естественно, опасался, что его

оппоненты воспользуются возможностью заявить, что все его наблюдения были иллюзорными. [25] "Что, - замечает он, - можно сказать о столь странной метаморфозе? Поглощаются ли две меньшие звезды подобно солнечным пятнам? Они исчезли и внезапно улетучились? Возможно, Сатурн пожрал своих собственных детей? Или же внешность действительно была иллюзией или обманом, с помощью которого очки так долго обманывали меня, а также многих других, кому я их показывал? Теперь, возможно, настало время возродить почти угасшие надежды тех, кто, руководствуясь более глубокими размышлениями, обнаружил ошибочность новых наблюдений и продемонстрировал полную невозможность их существования. Я не знаю, что сказать в таком удивительном, неожиданном и таком новом случае. Краткость времени, неожиданный характер события, слабость моего понимания и страх ошибиться сильно сбили меня с толку".

Но Галилей не ошибся. Объекты действительно были там, когда он впервые начал наблюдать, они действительно уменьшались, и они действительно исчезли; но это исчезновение было лишь на время — они снова появились в поле зрения. Затем они подвергались непрерывному исследованию, пока постепенно не раскрылась их природа. При увеличении мощности телескопа было обнаружено, что два тела, которые Галилей описал как глобусы по обе стороны от Сатурна, на самом деле не были сферическими — они скорее представляли собой два светящихся полумесяца, вогнутость каждого из которых была обращена к центральному шару. Также было замечено, что эти объекты претерпевали замечательную серию периодических изменений. В начале такой серии планета была обнаружена с действительно круглым диском. Сначала отростки появились в виде двух рукавов, простирающихся прямо наружу с каждой стороны планеты; затем эти рукава постепенно раскрылись в два полумесяца, напоминающих ручки земного шара, и достигли своей максимальной ширины примерно через семь или восемь лет; затем они начали сокращаться, пока примерно через то же время снова не исчезли.

Истинная природа этих объектов была, наконец, открыта Гюйгенсом в 1655 году, почти через полвека после того, как Галилей впервые обнаружил их появление. Он заметил тень, отбрасываемую кольцом на земной шар, и его объяснение этого явления было получено в очень философской манере. Он заметил, что земля, солнце и луна вращаются вокруг своих осей, и поэтому рассматривал как общий закон, согласно которому каждое из тел в системе вращается вокруг своей оси. Это правда, тогда еще не было сделано наблюдений, которые действительно показали бы, что Сатурн также вращается; но было бы крайне, нет, действительно, бесконечно маловероятно, чтобы новая планета была лишена такого движения. Все аналогии с системой указывали на то, что скорость вращения должна быть значительной. Уже было известно, что один спутник Сатурна совершает оборот за шестнадцать дней, что составляет немногим более половины нашего месяца. Гюйгенс предположил — и это было наиболее разумное предположение, — что Сатурн, по всей вероятности, быстро вращается вокруг своей оси. Также следовало заметить, что если эти замечательные придатки действительно телесно связаны с планетой, то они должны вращаться вместе с Сатурном. Если бы, однако, придатки на самом деле не были прикреплены, все равно было бы необходимо, чтобы они вращались, если бы в какой-то степени сохранялась аналогия Сатурна с другими объектами в системе. Мы видим спутники вблизи Юпитера, которые вращаются вокруг него. Ближе к дому мы видим, как Луна вращается вокруг Земли. Мы видим, как вся планетная система вращается вокруг Солнца. Все эти соображения присутствовали у Гюйгенса, когда он пришел к выводу, что независимо от того, были ли любопытные придатки действительно прикреплены к планете или физически свободны от нее, они все равно должны вращаться.

Опираясь на такие рассуждения, вскоре стало легко догадаться об истинной природе системы Сатурна. Мы видели, как придатки становились невидимыми раз в пятнадцать лет, а затем постепенно появлялись снова, сначала в виде прямолинейных рукавов, выступающих наружу от планеты. Прогрессирующее развитие происходит медленно, и в течение нескольких недель и по понедельникам, ночь за ночью, вид один и тот же, но с небольшими изменениями. Но все это время и Сатурн, и таинственные объекты вокруг него вращаются. Что бы это ни было, глазу они кажутся одинаковыми, несмотря на их непрерывное вращение.

Какой должна быть форма объекта, удовлетворяющая подразумеваемым здесь условиям? Очевидно, недостаточно рассматривать выступы как две спицы, расходящиеся от планеты. Они менялись бы из видимых в невидимые при каждом вращении, и, таким образом, происходили бы непрерывные изменения внешнего вида вместо того медленного и постепенного изменения, которое требует пятнадцати лет для полного периода. Действительно, существуют и другие соображения, которые исключают возможность того, что объекты были чем-либо подобного характера, поскольку они всегда имеют одинаковую длину по сравнению с диаметром планеты. Небольшое размышление покажет, что одно предположение — и действительно, только одно — будет соответствовать всем фактам дела. Если бы существовало тонкое симметричное кольцо, вращающееся в своей собственной плоскости вокруг экватора Сатурна, тогда можно было бы объяснить постоянство движения объекта из ночи в ночь. Это сразу устраняет большую часть трудностей. В остальном было необходимо только предположить, что кольцо было настолько тонким, что при повороте фактически ребром к земле оно становилось невидимым, а затем, по мере того как освещенная сторона плоскости все больше и больше поворачивалась к земле, придатки к планете постепенно увеличивались. Внешний вид в форме ручки, который периодически приобретал объект, свидетельствовал о том, что кольцо не могло быть прикреплено к глобусу.

Наконец Гюйгенс обнаружил, что у него есть ключ к великой загадке, которая ставила в тупик астрономов последние пятьдесят лет. Он увидел, что кольцо представляет собой объект удивительного интереса, уникальный в то время, как оно, действительно, уникально до сих пор. Однако он чувствовал, что вряд ли продемонстрировал этот вопрос со всей определенностью, которой он заслуживал и которую, как он думал, можно было бы обеспечить дальнейшим вниманием. И все же он не хотел рисковать потерей своего открытия из-за неоправданной отсрочки его объявления, опасаясь вмешательства какого-нибудь другого астронома. Как же тогда он мог обеспечить себе приоритет, если открытие окажется верным, и в то же время иметь возможность усовершенствовать его на досуге? Он избрал обычный для того времени курс, сделав свое первое объявление зашифрованным, и соответственно 5 марта 1656 года опубликовал трактат, в котором содержалось следующее предложение:

ааааааа	сссссс	d	ееее g h
ииииии	llll	mm	nnnnnnnn
оооо pp	q rr	s tttttt	уууууу

Возможно, некоторые из тех любопытных людей, чьи преемники сейчас посвящают столько труда двойным акrostихам, возможно, размышляли над этой знаменитой криптографией и даже пытались ее расшифровать. Но даже если бы такие попытки были предприняты, мы не можем утверждать, что они были успешными. Таким образом, Гюйгенсу было обеспечено несколько лет дальнейшего изучения. Он проверил свою теорию всеми доступными ему способами и нашел ее подтвержденной во всех деталях. Поэтому он счел, что ему больше нет необходимости скрывать от мира свое великое открытие, и соответственно в 1659 году —

примерно через три года после появления своей криптографии — он объявил о его интерпретации. Восстановив первоначальное расположение букв, открытие было оформлено в следующие слова: "*Круговое движение, tenui, plano, nusquam cohærente, ad eclipticam inclinato*", что можно перевести как утверждение: "Планета окружена тонким плоским кольцом, повсюду отличным от ее поверхности и наклоненным к эллипсу".

Гюйгенс не удовлетворился простой демонстрацией того, насколько полно это предположение объясняет все наблюдаемые явления. Он подвергнул его дальнейшей и наиболее деликатной проверке, которая может быть применена к любой астрономической теории. Он попытался с ее помощью сделать предсказание, исполнение которого обязательно придало бы его теории достоверность. Из своих расчетов он увидел, что планета будет выглядеть круглой примерно в июле или августе 1671 года. Это предположение практически подтвердилось, поскольку было замечено, что кольцо исчезло в мае того же года. Как бы то ни было, с нашими современными расчетами, основанными на длительных и точных наблюдениях, мы теперь можем делать прогнозы относительно появления или исчезновения кольца Сатурна с гораздо большей точностью; но, помня ранний этап в истории планеты, на котором было сделано предсказание Гюйгенса, мы должны считать его исполнение вполне достаточным и удовлетворительным образом подтверждающим теорию Сатурна и его кольца.

Таким образом, кольцо Сатурна было полностью установлено как факт небесной архитектуры, и каждое поколение астрономов стремилось выяснить все больше и больше его удивительных особенностей. На фронтисписе (*табличка I.*) мы видим планету такой, какой ее видели в обсерватории Гарвардского колледжа, США, в период с 28 июля по 20 октября 1872 года. Он был нарисован искусным астрономом и художником — мистером Л. Трувелом — и дает точное и красивое изображение этого уникального объекта.

На рис. 64 представлен рисунок того же объекта, сделанный 2 июля 1894 года профессором Э.Э. Барнардом в обсерватории Лик.

Следующее великое открытие в системе Сатурна после работ О.Ф. Гюйгенса показало, что кольцо, окружающее планету, отмечено темной концентрической линией, которая делит ее на две части — внешняя более узкая, чем внутренняя. Впервые эту линию увидел Дж.Д. Кассини, когда Сатурн появился из лучей солнца в 1675 году. То, что эта черная линия - не просто черная метка на кольце, а что это на самом деле разделение, стало весьма вероятным благодаря исследованиям Маральди в 1715 году, за которыми много лет спустя последовали исследования сэра Уильяма Гершеля, который с той тщательностью, которая является отличительной чертой этого человека, провел тщательное и скрупулезное исследование Сатурна. Ночь за ночью он часами следил за ней со своими изысканными приборами и значительно расширил наши знания о планете и ее системе.

Гершель уделил особое внимание исследованию линии, разделяющей кольцо. Он увидел, что цвет этой линии нельзя отличить от цвета пространства, промежуточного между шаром и кольцом. Он наблюдал его в течение десяти лет на северной стороне кольца, и в течение этого времени оно продолжало сохранять ту же ширину, цвет и четкость очертаний. Затем ему посчастливилось осмотреть южную сторону кольца. Там снова можно было увидеть черную линию, соответствующую как по внешнему виду, так и по положению темной линии, видимой на северной стороне. Не могло оставаться никаких сомнений в том, что Сатурн был опоясан двумя одинаково тонкими концентрическими кольцами, внешний край одного из которых вплотную подходил к внутреннему краю другого.

В то же время уместно добавить, что единственное абсолютно бесспорное доказательство разделения колец телескопом пока не получено. Явления, отмеченные Гершелем, согласуются с точкой зрения, что черная линия была всего лишь частью кольца, проходящей по его толщине и состоящей из материалов, гораздо менее способных отражать свет, чем остальная часть кольца. По-прежнему вызывает сомнения, насколько далеко вообще возможно видеть сквозь темную линию. По-видимому, существует только один удовлетворительный метод достижения этого. Это могло бы произойти только в редких случаях, и не похоже, что такая возможность пока не представилась. Предположим, что в ходе своего движения по небу путь Сатурна случайно пересекся прямо между землей и неподвижной звездой. Видимая в телескоп звезда - это всего лишь светящаяся точка, намного меньшая, чем глобусы и кольца Сатурна. Если бы кольцо проходило перед звездой и черная линия на кольце пересекала звезду, мы бы, если бы черная линия действительно была отверстием, увидели звезду, сияющую через узкое отверстие.

Мы считаем, что до настоящего времени не было возможности подвергнуть вопрос о дуплексном характере кольца этому решающему испытанию. Будем надеяться, что, поскольку в настоящее время используется так много телескопов, подходящих для изучения этого предмета, возможно, вскоре будут проведены наблюдения, которые решат этот вопрос. Вряд ли можно ожидать, что подойдет очень маленькая звезда. Несомненно, малость звезды сделала бы наблюдения более тонкими и точными, если бы звезда была видна; но мы должны помнить, что она будет контрастировать с яркими кольцами Сатурна по краям, так что, если бы звезда не была значительной величины, она вряд ли соответствовала бы описанию. Однако недавно было замечено, что глобус планеты можно в некоторой степени различить через темную линию; это практически демонстрирует тот факт, что линия, во всяком случае, частично прозрачна.

Внешнее кольцо также разделено надвое линией, гораздо более тусклой, чем только что описанная. Требуется хороший телескоп и ясная ночь в сочетании с благоприятным положением планеты, чтобы сделать эту линию хорошо заметным объектом. Ее легче всего увидеть на концах кольца, наиболее удаленных от планеты. Настоящему автору, исследовавшему планету с помощью двенадцатидюймового рефрактора Южного экватора в обсерватории Дансинк, эта внешняя линия кажется такой же широкой, как хорошо известная линия; но она, несомненно, слабее и имеет более затененный вид. Это, конечно, не наводит на мысль о том, что на самом деле это отверстие в кольце, и, конечно, оно долгое время остается невидимым. Скорее кажется, что кольцо в этом месте было более тонким и менее материальным, но на самом деле не было лишено субстанции.

По этим пунктам можно ожидать, что будет получено много дополнительной информации, когда в следующий раз кольцо займет такое положение, что его плоскость, если ее создать, пройдет между землей и солнцем. Такие случаи крайне редки, и даже когда они все-таки произойдут, может случиться так, что планета не будет находиться в подходящем месте для наблюдения. Следующая действительно хорошая возможность представится не раньше 1907 года. В этом случае солнечный свет освещает одну сторону кольца, в то время как другая сторона кольца обращена к земле. При таких обстоятельствах необходимы мощные телескопы, чтобы исследовать планету; но можно с полным основанием надеяться, что вопросы, относящиеся к разделению кольца, а также ко многим другим вопросам, получат дальнейшее разъяснение.

Иногда регистрировались другие подразделения кольца, как внутренние, так и внешние. Во всяком случае, можно утверждать, что никакие такие подразделения не могут

рассматриваться как постоянные элементы. И все же об их существовании так часто заявляли опытные наблюдатели, что невозможно усомниться в том, что их иногда видели.

Примерно через 200 лет после того, как Гюйгенс впервые объяснил истинную теорию Сатурна, было сделано еще одно очень важное открытие. Вплоть до 1850 года всегда предполагалось, что два кольца, разделенные хорошо известной черной линией, составляют всю кольцевую систему, окружающую планету. В только что упомянутом году профессор Бонд, выдающийся астроном из Кембриджа, штат Массачусетс, потряс астрономический мир объявлением о своем открытии третьего кольца, окружающего Сатурн. Как это часто бывает в подобных случаях, тот же объект был независимо открыт другим человеком — английским астрономом по имени Доуз. Это третье кольцо находится как раз внутри внутреннего из двух хорошо известных колец и простирается примерно на половину расстояния до тела планеты. По-видимому, оно имеет совершенно иной характер, чем два других кольца, поскольку они имеют сравнительно солидный вид. Действительно, сейчас мы покажем, что они не являются твердыми — даже не жидкими телами, — но все же, по сравнению с третьим кольцом, остальные имели субстанциальный характер. Они могут воспринимать и демонстрировать глубоко выраженную тень Сатурна, и они могут отбрасывать глубокую и черную тень на сам Сатурн; но третье кольцо имеет гораздо менее плотную текстуру. Оно не обладает блеском других, оно скорее темного, полупрозрачного вида, и выражение "креповое кольцо", которым его часто обозначают, ни в коем случае не является неуместным. Именно тусклость этого кольца привела к тому, что более ранние наблюдатели Сатурна так часто упускали его из виду.

Часто замечалось, что, когда астрономическое открытие было сделано с помощью хорошего телескопа, впоследствии становится возможным наблюдать тот же объект с помощью инструментов гораздо меньшей мощности. Несомненно, когда наблюдатель знает, на что обращать внимание, он часто сможет увидеть то, что в противном случае не привлекло бы его внимания. Иллюстрацией этого принципа можно считать то, что креповое кольцо Сатурна стало объектом, знакомым тем, кто привык работать с хорошими телескопами; но, тем не менее, могут возникнуть сомнения в том, что легкость и отчетливость, с которыми теперь видно креповое кольцо, могут быть полностью объяснены этим предположением. Действительно, кажется возможным, что кольцо из крепа по той или иной причине постепенно становится все более и более заметным. Предполагаемая повышенная яркость кольца крепа - один из тех аргументов, которые сейчас используются для доказательства того, что, по всей вероятности, кольца Сатурна в этот момент претерпевают постепенную трансформацию; но наблюдения Хэдли показывают, что кольцо крепа было замечено им в 1720 году, а ранее его видели Кампани и Пикар, как слабый пояс, пересекающий планету. Частичная прозрачность кольца из крепа была прекрасно проиллюстрирована в наблюдении профессором Барнардом затмения Япета 1 ноября 1889 года. Спутник был едва виден в тени крепового кольца, в то время как совершенно невидим в тени более известных колец.

Различные особенности колец хорошо показаны на рисунке Трувело, о котором уже говорилось. Здесь мы видим внутреннее и внешнее кольца, а также линию разделения между ними. На внешнем кольце мы видим слабые следы линии, которой оно разделено, а внутри внутреннего кольца мы видим любопытное полупрозрачное кольцо из крепа. Черная тень планеты отбрасывается на кольцо, доказывая таким образом, что кольцо, как и тело планеты, сияет только благодаря падающему на него солнечному свету. Эта тень обладает некоторыми аномальными чертами, но ее любопытная неправильность может быть, в некоторой степени, оптической иллюзией.

Не может быть никаких сомнений в том, что любая попытка изобразить кольца Сатурна отражает лишь характерные черты этой удивительной системы. Мы находимся на таком большом расстоянии, что все объекты не колоссальных размеров невидимы. На самом деле у нас есть только контур, который заставляет нас желать иметь возможность дополнить детали. Мы жаждем, например, увидеть настоящую текстуру колец и узнать, из каких материалов они сделаны; мы хотим понять странное и прозрачное кольцо из крепа, столь непохожее ни на один другой известный нам объект на небесах. Нет сомнения, что многое еще можно узнать при всех неблагоприятных условиях нашего положения; все еще есть место для труда целых поколений астрономов, оснащенных великолепными инструментами. Нам нужны точные рисунки Сатурна во всех мыслимых аспектах, в которых он может быть представлен. Нам нужны постоянно повторяющиеся измерения самой высокой точности. Эти измерения предназначены для того, чтобы сообщить нам размеры и форму колец; они предназначены для точного измерения положения темных линий и границ колец. Эти меры должны быть растянуты на поколения и столетия; тогда и только тогда земные астрономы смогут узнать, действительно ли эта сложная система обладает атрибутами постоянства или же она, возможно, претерпевает изменения.

Мы привыкли находить, что закон всемирного тяготения пронизывает каждую часть нашей системы, и искать в гравитации объяснение многих явлений, необъяснимых иным способом. У нас есть веские основания полагать, что в этой удивительной системе Сатурна закон всемирного тяготения имеет первостепенное значение. Вокруг Сатурна вращаются спутники, а также кольцо; эти спутники движутся, как и другие спутники, в соответствии с законами Кеплера; и, следовательно, любая теория относительно природы кольца Сатурна должна быть сформирована при условии, что оно будет притягиваться гигантской планетой, расположенной внутри него.

На беглый взгляд нет ничего проще, чем согласовать феномен кольца с притяжением планеты. Мы могли бы предположить, что кольцо находится в состоянии покоя симметрично вокруг планеты. В своем центре планета одинаково притягивается к кольцу со всех сторон, так что у нее нет тенденции двигаться в одну сторону, а не в другую; и, следовательно, она будет оставаться в состоянии покоя. Это не годится. Кольцо, состоящее из материалов, почти бесконечно твердых, возможно, при таких обстоятельствах и могло бы на мгновение остановиться; но оно не могло бы оставаться в покое постоянно, так же как игла, балансирующая вертикально на своем острие. В каждом случае равновесие неустойчиво. Если возникнет малейшая причина нарушения, равновесие нарушится, и кольцо неизбежно упадет на планету. Такие причины расстройства присутствуют постоянно, так что неустойчивое равновесие не может быть подходящим объяснением этих явлений.

Даже если бы эту трудность можно было устранить, есть еще одна, которая была бы совершенно непреодолимой, если бы кольцо состояло из любых материалов, с которыми мы знакомы. Давайте на мгновение задумаемся над этим вопросом, поскольку это естественным образом приведет к тому объяснению колец Сатурна, которое в настоящее время является наиболее общепринятым.

Представьте, что вы стоите на планете Сатурн, недалеко от его экватора; над вашей головой простирается кольцо, которое опускается до горизонта на востоке и на западе. Тогда полукольцо над вашим горизонтом напоминало бы могучую дугу с размахом около ста тысяч миль. Каждая частица этой арки притягивается к Сатурну под действием силы тяжести, и если арка продолжает существовать, она должна подчиняться обычным механическим законам, которые регулируют железнодорожные арки, с которыми мы знакомы.

Долговечность этих арок зависит от устойчивости образующих их камней к разрушающей силе. Каждый камень арки подвергается огромному давлению, но камень - это материал, способный противостоять такому давлению, и арка остается. Чем шире пролет арки, тем большему давлению подвергается каждый камень. Наконец достигается пролет, соответствующий давлению настолько большому, насколько камни могут безопасно выдерживать, и, соответственно, мы таким образом находим предельный пролет, над которым может быть возведена единственная арка из каменной кладки. Примените эти принципы к колоссальной арке, образованной кольцом Сатурна. Можно показать, что давление на материалы арки, способной перекрыть пропасть такой ужасной величины, было бы настолько огромным, что ни один известный нам материал не смог бы выдержать его. Если бы кольцо было сделано из самой прочной стали, которая когда-либо производилась, давление было бы настолько велико, что металл был бы сжат, как жидкость, и могучее сооружение разрушилось бы и упало на поверхность планеты. Маловероятно, что могут существовать какие-либо материалы, способные выдерживать столь колоссальное напряжение. Соответственно, закон всемирного тяготения побуждает нас искать метод, с помощью которого можно уменьшить интенсивность этого напряжения.

Под рукой есть один метод, который, очевидно, подсказан аналогичными явлениями повсюду в нашей системе. Мы говорили о кольце так, как если бы оно находилось в состоянии покоя; давайте теперь предположим, что оно приводится в движение вращением в своей плоскости вокруг Сатурна как центра. Мгновенно у нас возникает сила, противоположная притяжению Сатурна. Эта сила является так называемой центробежной силой. Если мы представим, что кольцо вращается, центробежная сила во всех точках действует в направлении, противоположном силе притяжения, и, следовательно, огромное напряжение на кольце может быть уменьшено и одна трудность может быть преодолена.

Таким образом, мы можем приписать каждому кольцу вращение, которое частично снимет нагрузку, которую в противном случае пришлось бы выдерживать арке. Но мы не можем признать, что трудность полностью устранена. Предположим, что внешнее кольцо вращается с такой скоростью, которая должна быть достаточной для нейтрализации силы тяжести на его внешнем крае, центробежная сила будет меньше внутри кольца, в то время как сила тяжести будет больше; и, следовательно, во внутренних частях внешнего кольца будут создаваться огромные напряжения. Предположим, что кольцо вращается с такой скоростью, которая была бы достаточной для нейтрализации силы тяжести на его внутреннем крае; тогда центробежная сила на внешних частях будет в значительной степени превышать силу тяжести, и возникнет тенденция к разрушению кольца наружу.

Чтобы устранить эту тенденцию, мы можем предположить, что внешние части каждого кольца вращаются медленнее, чем внутренние части. Это, естественно, требует, чтобы части кольца были подвижны относительно друг друга, и таким образом мы приходим к предположению, что, возможно, кольца действительно состоят из вещества в текучем состоянии. Предположение, на первый взгляд, правдоподобное; тогда каждая часть каждого кольца двигалась бы с соответствующей скоростью, и кольца, таким образом, демонстрировали бы ряд концентрических круговых течений с различными скоростями. Математик может продвинуться в этом исследовании немного дальше и изучить, как эта жидкость вела бы себя при таких обстоятельствах. Его символы могут углубить предмет в такие хитросплетения, которые не могут быть описаны общим языком. Математик приходит к выводу, что волны должны были бы возникать в предполагаемой жидкости, и что, поскольку эти волны привели бы к разрушению колец, от теории жидкости следует отказаться.

Но мы все же можем высказать еще одно или два предположения. Что, если действительно верно, что кольцо состоит из невероятно большого количества концентрических колец, каждое из которых движется именно со скоростью, которая была бы подходящей для создания центробежной силы, как раз достаточной для нейтрализации притяжения? Несомненно, это сопряжено со многими трудностями: на это также указывают те наблюдения, которые показали наличие нескольких темных линий на кольце. Здесь снова для ответа необходимо обратиться к динамическим соображениям. Такая система сплошных колец несовместима с законами динамики.

Поэтому мы вынуждены предпринять последнюю попытку и еще больше разделить кольцо. Может показаться довольно поразительным полностью отказаться от предположения, что кольцо в каком-либо смысле является непрерывным телом, но альтернативы не остается. Как бы мы ни смотрели на это, мы, похоже, пришли к выводу, что кольцо на самом деле представляет собой огромный косяк чрезвычайно мелких тел; каждое из этих маленьких тел движется по своей собственной орбите вокруг планеты и, фактически, является всего лишь спутником. Эти тела так многочисленны и расположены так близко друг к другу, что нам они кажутся непрерывными, и они могут быть очень крошечными — возможно, не больше шариков воды, обнаруживаемых в обычном облаке над поверхностью Земли, которое даже на небольшом расстоянии кажется непрерывным телом.

Еще несколько лет назад эта теория строения колец Сатурна, хотя и неопровержимая с математической точки зрения, никогда не подтверждалась наблюдениями. Единственным астрономом, утверждавшим, что он действительно видел вращение колец, был У. Гершель, который наблюдал движение некоторых светящихся точек на кольце в 1789 году, когда плоскость кольца случайно проходила через землю. Из этих наблюдений Гершель пришел к выводу, что кольцо совершило оборот за десять часов тридцать две минуты. Но ни один из последующих наблюдателей, даже при том, что они, возможно, наблюдали Сатурн с помощью инструментов, очень похожих на те, которыми пользовался Гершель, так и не смог подтвердить вращение этих придатков Сатурна. Если бы кольцо состояло из огромного количества маленьких тел, то третий закон Кеплера позволил бы нам рассчитать время, которое потребовалось бы этим крошечным спутникам, чтобы полностью облететь планету. Похоже, что любому спутнику, расположенному на внешнем краю кольца, потребуется столько же времени, сколько 13 часов 46 минут, спутникам, расположенным примерно в середине, потребуется не более 10 часов 28 минут, в то время как спутники, находящиеся на внутреннем краю кольца, совершат свой оборот за 7 часов 28 минут. Даже наши самые мощные телескопы, установленные в чистейшем небе и используемые самыми искусными астрономами, отказываются отображать это чрезвычайно тонкое явление. Это действительно было бы повторением в большом масштабе любопытного поведения внутреннего спутника Марса, который совершает оборот вокруг своей звезды за более короткое время, чем самой планете требуется для обращения вокруг своей оси.

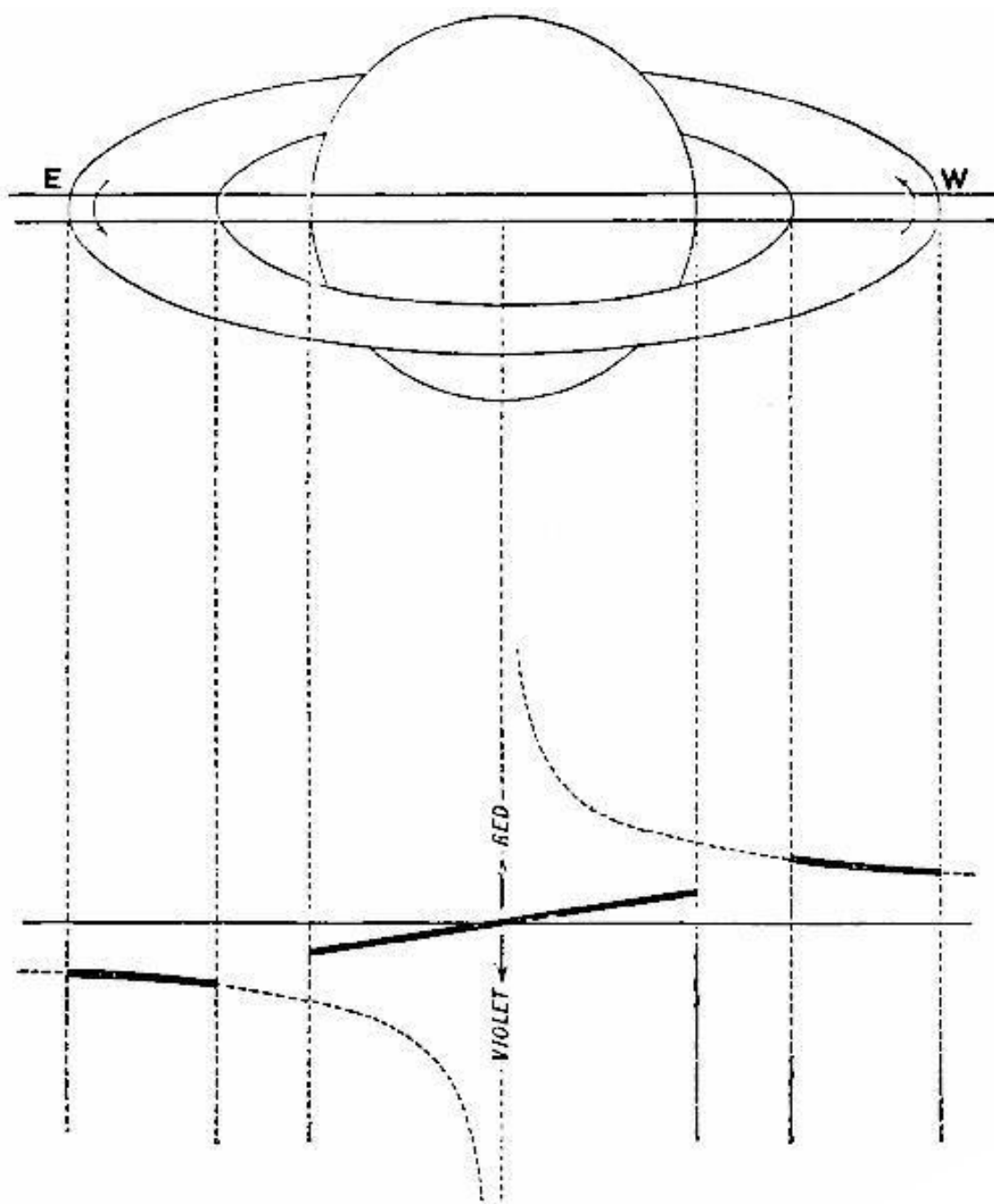


Рис. 66.—

Проф. Метод Килера для измерения вращения Кольца Сатурна.

Но то, чего не смог показать телескоп, спектроскоп недавно продемонстрировал самым эффективным и интересным образом. В главе о солнце мы объясняли, как движение источника света вдоль линии обзора, по направлению к наблюдателю или от него, приводит к небольшому смещению линий спектра. Путем измерения смещения линий может быть определено направление и величина движения источника света. Мы проиллюстрировали этот метод, показав, как он на самом деле использовался для измерения скорости вращения поверхности Солнца. В 1895 году профессору Килеру, [26] Директору обсерватории Аллегейни, удалось измерить вращение кольца Сатурна таким образом. Он поместил щель своего спектроскопа поперек шара в направлении большой оси эллиптической фигуры, которую эффект перспективы придает кольцу, как показано параллельными линиями на рис. 66, протянувшимися от E до W. Затем на его фотопластинке должны быть показаны три спектра близко друг к другу, спектр шара Сатурна в середине, отделенный темными промежутками от более узких спектров над и под ним двух ручек (или ансов, как их обычно

называют) кольца. На рис. 67 мы представили поведение любой отдельной линии спектра при различных предположениях относительно вращения или невращения Сатурна и кольца. Вверху (1) мы видим, как выглядела бы каждая линия, если бы не было вращательного движения; три линии, создаваемые кольцом, планетой и кольцом, находятся на прямой линии. Конечно, спектр, который практически является очень слабой копией солнечного спектра, показывает основные темные линии Фраунгера, так что читатель должен представить себе этосам, параллельно той, что мы показываем на рисунке. Но Сатурн и кольцо не стоят на месте, они вращаются, восточная часть (в точке E) движется к нам, а западная часть (W) удаляется от нас. [27] Таким образом, в точке E линия будет смещена к фиолетовому концу спектра, а в точке W - к красному, и поскольку фактическая линейная скорость будет больше, чем дальше мы удаляемся от центра Сатурна (при условии, что кольцо и планета вращаются вместе), линии будут повернуты, как на рис. 67 (2), но все три останутся прямыми. Если бы кольцо состояло из двух независимых колец, разделенных разделением Кассини и вращающихся с разной скоростью, линии располагались бы так, как показано на рис. 67 (3), причем линии, обусловленные внутренним кольцом, были бы более отклоненными, чем линии, обусловленные внешним кольцом, из-за большей скорости внутреннего кольца.

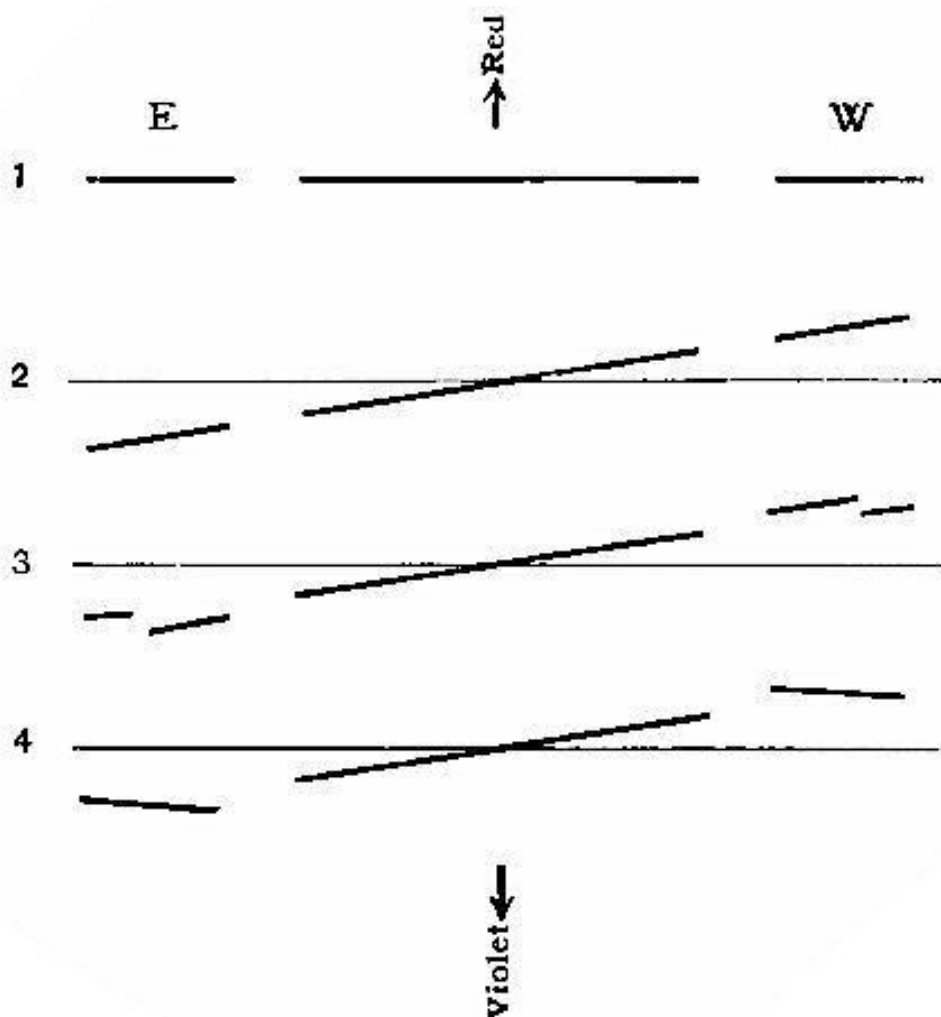


Рис. 67.—

Проф. Метод Килера для измерения вращения Кольца Сатурна.

Наконец, давайте рассмотрим случай колец, состоящих из бесчисленных частиц, движущихся вокруг планеты в соответствии с третьим законом Кеплера. Фактические скорости этих частиц были бы равны в секунду:—

На внешнем краю кольца	10·69 миль.
В середине кольца	11·68 миль.
На внутреннем краю кольца	13·01 миль.
Скорость вращения на поверхности планеты	6·38 миль.

Смещение линий спектра должно происходить в соответствии с этими скоростями, и легко видеть, что линии должны располагаться так, как показано на четвертом рисунке. Когда профессор Килер приступил к изучению сфотографированных спектров, он обнаружил, что линии трех спектров наклонены именно таким образом, показывая, что внешний край кольца движется вокруг планеты с меньшей линейной скоростью, чем внутренний, как и должно было быть, если источники света (или, скорее, отражатели солнечного света) были независимыми частицами, свободными двигаться в соответствии с третьим законом Кеплера, и как этого не должно было быть, если кольцо или кольца были жесткими, и в этом случае внешний край имел бы наибольшую линейную скорость, поскольку он должен был проходить наибольшее расстояние. Вот, наконец, и доказательство метеоритного состава кольца Сатурна. Прекрасное открытие профессора Килера с тех пор было подтверждено повторными наблюдениями в обсерваториях Аллегейни, Лик, Пэрис и Пулкова; фактические скорости, возникающие в результате наблюдаемых смещений линий, были измерены и установлено, что они хорошо согласуются (в пределах ошибок наблюдения) с расчетными скоростями, так что это блестящее подтверждение математических выводов клерка Максвелла не вызывает никаких сомнений.

Спектр Сатурна настолько слабый, что в нем видны только самые сильные линии солнечного спектра, но атмосфера планеты, по-видимому, проявляет значительное общее поглощение в синей и фиолетовой частях спектра, которое особенно сильно вблизи экваториального пояса, в то время как сильная полоса в красном свидетельствует о плотности атмосферы. Эта полоса не видна в спектре колец, вокруг которых не может быть атмосферы.

Поскольку кольцо Сатурна само по себе уникально, мы не можем найти где-либо еще какой-либо очень уместной иллюстрации столь замечательной структуры, как та, которая сейчас заявлена для кольца. Тем не менее, в солнечной системе действительно наблюдаются некоторые аналогичные явления. Например, одно явление очень большого масштаба окружает само солнце. Мы имеем в виду множество малых планет, все они ограничены определенным регионом системы. Представьте, что число этих планет значительно увеличилось, а те орбиты, которые сильно наклонены к остальным, сглажены и иным образом скорректированы, и мы получили бы кольцо, окружающее Солнце, создавая таким образом расположение, не отличающееся от того, которое сейчас приписывают Сатурну.

Возникает соблазн еще дольше задержаться на этой прекрасной системе, порассуждать о том, какой вид кольцо представило бы обитателю Сатурна, предположить, следует ли рассматривать его как постоянную черту нашей системы точно так же, как мы приписываем постоянство нашей луне или спутникам Юпитера. Рассматриваемый со всех точек зрения, этот вопрос полон интереса, и он обеспечивает изобилие занятий для астрономов любого типа. Если он будет снабжен хорошим телескопом, то у него будет достаточно обязанностей для выполнения геодезических работ, зарисовок и измерений. Если он один из тех полезных астрономов, которые посвящают свою энергию не фактической телескопической работе, а составлению расчетов, основанных на наблюдениях других, тогда прекрасная система Сатурна предоставляет обильный материал. Он должен предсказать различные фазы кольца, сообщить астрономам, когда каждую особенность можно лучше всего разглядеть и в какой час лучше всего определить каждый элемент. Он также должен предсказывать время

движения спутников Сатурна и другие явления системы, более сложной, чем система Юпитера.

Наконец, если астроном принадлежит к тому классу — возможно, с некоторых точек зрения, к высшему классу из всех, — который использует самые глубокие исследования человеческого интеллекта для решения динамических проблем астрономии, он также найдет на Сатурне проблемы, которые проверяют до предела, даже если они не полностью превосходят самые высокие полеты анализа. Он обнаруживает в кольце Сатурна объект, настолько непохожий ни на что другое, что для этой встречи приходится выковывать новое математическое оружие. Он находит в этой системе так много необычных особенностей и такую тонкость настройки, что вынужден признать: если бы он действительно не видел перед собой колец Сатурна, то никогда бы не подумал, что такая система возможна. Работы математика над этой удивительной системой в настоящее время находятся только в зачаточном состоянии. Не только исследования носят настолько заумный характер, чтобы требовать высочайшего гения для этой отрасли науки, но даже до сих пор не накоплены материалы для исследования. В обсуждении такого характера наблюдения должно предшествовать расчету. Скучные наблюдения, полученные до сих пор, как бы они ни иллюстрировали красоту системы, все еще совершенно недостаточны для формирования основы той великой математической теории Сатурна, которая в конечном итоге должна быть написана.

Но Сатурн представляет интерес для гораздо более многочисленного класса людей, чем те, кто специально занимается астрономией. Это представляет интерес, должно представлять интерес для каждого образованного человека, у которого есть хоть малейшая любовь к природе. Любитель живописного не может созерцать Сатурн в телескоп без чувства живейшего волнения; в то время как, если его чтение и размышления ранее заставили его осознать колоссальную величину объекта, на который он смотрит, он будет вынужден признать, что во всей природе нет более замечательного зрелища.

Мы так долго размышляли над очарованием кольца Сатурна, что можем дать лишь очень краткий отчет о системе спутников, которыми окружена планета. У нас уже была возможность не раз упоминать об этих органах; теперь остается только перечислить еще несколько подробностей.

Именно 25 марта 1655 года Гюйгенс обнаружил первый спутник Сатурна, чьему проникновению мы обязаны открытием истинной формы кольца. Вечером упомянутого дня Гюйгенс изучал Сатурн с помощью телескопа, сконструированного им собственными руками, когда заметил небольшой звездообразный объект рядом с планетой. На следующую ночь он повторил свои наблюдения, и было обнаружено, что звезда сопровождает планету в ее движении по небу. Это показало, что маленький объект действительно был спутником Сатурна, и дальнейшие наблюдения выявили тот факт, что он вращался вокруг него в течение 15 дней, 22 часов, 41 минуты. Таково было начало той многочисленной серии открытий спутников, которые сопровождают Сатурн. Они были обнаружены один за другим, так что в настоящее время известно не менее девяти спутников, посещающих великую планету во время ее странствий. Однако последующие открытия, которые мы делаем, ни в коем случае не были сделаны Гюйгенсом, поскольку он отказался от поиска каких-либо дальнейших спутников на основаниях, которые звучат странно для современного уха, но которые вполне соответствовали идеям его времени. По-видимому, исходя из какого-то принципа симметрии, Гюйгенс полагал, что в соответствии с закономерностями количество спутников, или второстепенных планет, должно быть равно числу самих первичных планет. Первичных планет, включая Землю, насчитывалось шесть; и теперь, после открытия

Гюйгенса, общее число спутников также достигло шести. У Земли был один, у Юпитера - четыре, у Сатурна - один, и система была целостной.

Природа, однако, не знает таких арифметических доктрин, какие приписывал ей Гюйгенс. Если бы он был менее подвержен подобным предрассудкам, он, возможно, предвосхитил бы труды Кассини, который, открыв другие спутники Сатурна, продемонстрировал абсурдность доктрины численного равенства между планетами и спутниками. По мере того как делались дальнейшие открытия, количество спутников сначала превышало количество планет; но в последнее время, когда был обнаружен рой малых планет, количество планет быстро достигло и быстро превысило количество сопутствующих им спутников.

Это было в 1671 году, примерно через шестнадцать лет после открытия первого спутника Сатурна, когда Кассини открыл второй. Это самый удаленный из старых спутников; на орбиту Сатурна уходит 79 дней. В следующем году он открыл еще один, а двенадцать лет спустя, в 1684 году, еще два; таким образом, у этой планеты появилось в общей сложности пять спутников.

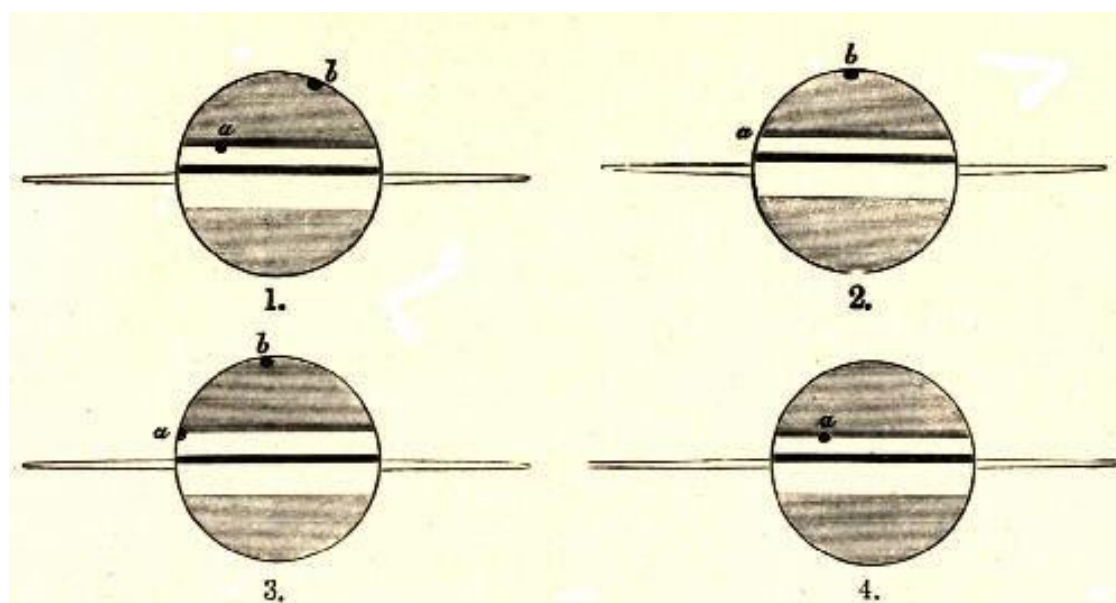


Рис. 68.—

Ранзит Титана и его тени, Ф. Терби Лувен, 12 апреля 1892г.

Сложность системы Сатурна теперь не имела себе равных на небесах. У Сатурна было пять спутников, а у Юпитера - всего четыре, в то время как по крайней мере один из спутников Сатурна, названный Титаном, был больше любого спутника Юпитера. [28] Некоторые открытия Кассини были сделаны с помощью телескопов довольно чудовищных размеров. Длина прибора, или, скорее, расстояние, на котором располагался предметный бинокль, составляло сто футов или более от глаза наблюдателя. Казалось едва ли возможным продвигать телескопические исследования дальше с помощью приборов такого громоздкого типа. Однако, в конце концов, началась великая реформа в конструкции астрономических инструментов. В руках Гершеля оказалось возможным сконструировать телескопы-отражатели приемлемых размеров, которые были одновременно более мощными и точными, чем длиннофокусные линзы Кассини. Огромный инструмент такого рода длиной в сорок футов, только что законченный Гершелем, был направлен к Сатурну 28 августа 1789 года. Никогда прежде удивительная планета не подвергалась столь тщательному изучению. Гершель был знаком с трудами своих предшественников. Он часто смотрел на Сатурн и его пять лун в более слабые телескопы; теперь он снова увидел пять лун и звездообразный

объект так близко к плоскости кольца, что предположил, что это шестой спутник. Под рукой был быстрый метод проверки этой гипотезы. В то время Сатурн быстро двигался по небу. Если этот новый объект действительно был спутником, то его должен был поддерживать Сатурн. Гершель с тревогой наблюдал, так ли это на самом деле. Для ответа на этот вопрос хватило короткого времени; за два с половиной часа планета переместилась на довольно заметное расстояние и унесла с собой не только пять уже известных спутников, но и этот шестой объект. Если бы это была звезда, она осталась бы позади; она не была оставлена позади, и, следовательно, она тоже была спутником. Таким образом, по прошествии долгого столетия телескопическое открытие спутников Сатурна возобновилось. Гершель, по своему обыкновению, наблюдал за этим объектом с неослабевающим рвением и обнаружил, что он находится намного ближе к Сатурну, чем любой из ранее известных спутников. В соответствии с общим законом, согласно которому чем ближе спутник, тем короче период обращения, Гершель обнаружил, что эта маленькая луна совершила оборот примерно за 1 день, 8 часов 53 минуты. Тот же самый огромный телескоп, использованный с тем же непревзойденным мастерством, вскоре привел Гершеля к еще более интересному открытию. Объект, настолько маленький, что казался крошечной точкой в огромном сорокафутовом отражателе, также был обнаружен Гершелем, и им было доказано, что это спутник, расположенный так близко к планете, что он совершил оборот за очень короткий период в 22 часа 37 минут. Это чрезвычайно тонкий объект, который можно увидеть только в лучшие телескопы в те короткие промежутки времени, когда он не полностью скрыт от глаз кольцом.

Снова прошел еще один длительный промежуток времени, и в течение почти пятидесяти лет система Сатурна рассматривалась как состоящая из серии колец и семи спутников. Следующее открытие представляет особый исторический интерес. Это было сделано одновременно двумя наблюдателями — профессором Бондом из Кембриджа, Массачусетс, и мистером Ласселлом из Ливерпуля, — поскольку 19 сентября 1848 года оба этих астронома подтвердили, что маленькая точка, которую каждый из них видел предыдущими ночами, действительно была спутником. Однако этот объект находится на значительном расстоянии от планеты, и для каждого оборота ему требуется 21 день, 7 часов и 28 минут; он седьмой по порядку от планеты.

Еще один чрезвычайно слабый внешний спутник был обнаружен с помощью фотографии 16, 17 и 18 августа 1898 года профессором У.Х. Пикерингом. Этот объект находится гораздо дальше от планеты, чем более крупные и старые спутники. Его движение еще не полностью определено, но, вероятно, для совершения одного оборота требуется не менее 490 дней.

Из наблюдений за спутниками было обнаружено, что 3500 шаров, таких тяжелых, как Сатурн, будут весить столько же, сколько солнце.

Профессор Кирквуд наблюдал закон, который связывает воедино движения четырех внутренних спутников Сатурна. Этот закон выполняется таким образом, что наводит на предположение, что он возникает из-за взаимного притяжения спутников. Мы уже описали аналогичный закон относительно трех спутников Юпитера. Проблема, связанная с Сатурном, поскольку в ней задействовано не менее четырех спутников, представляет собой проблему необычной сложности. Она включает в себя теорию возмущений в большей степени, чем та, к которой привыкли математики при исследовании более обычных свойств нашей системы. Чтобы выразить этот закон, необходимо обратиться к ежедневным движениям спутников; это соответственно—

Спутники. Суточное движение.

I. 382°·2.

II.	262°·74.
III.	190°·7.
IV.	131°·4.

Закон гласит, что если к пятикратному перемещению первого спутника прибавить движение третьего и четырехкратному - четвертого, то в целом будет равно десятикратному перемещению второго спутника. Расчет выполняется следующим образом:—

5 умножить на I. равно 1911 ° · 0

III. равно 190°·7	II. 262°·74
4 раза IV. равно 525°·6	10
_____	2627°·3
равно почти 2627 °·4.	.

Нет ничего проще проверки этого закона; но задача показать физическую причину, по которой он должен выполняться, еще не выполнена.

Сатурн был самой далекой планетой, известной древним. Она вращается по орбите далеко за пределами других древних планет, и до открытия Урана в 1781 году орбиту Сатурна вполне можно было рассматривать как границу солнечной системы. Планета с кольцами действительно была достойным объектом для того, чтобы занять столь выдающееся положение. Но теперь мы знаем, что могущественная орбита Сатурна не простирается до границ солнечной системы; великолепное открытие, ведущее к еще более великолепному, значительно расширило границы, обнаружив две могущественные планеты, вращающиеся на смутном расстоянии телескопа, далеко за пределами траектории Сатурна. Эти объекты не обладают красотой Сатурна; на самом деле, они ни в коем случае не являются эффектными снимками в телескоп. И все же эти внешние планеты вызывают интерес самого особого рода. Открытие каждого из них является классическим событием в истории астрономии, и существует мнение, и, возможно, не без оснований, что открытие Нептуна, более удаленного из двух, является величайшим достижением в астрономии со времен Ньютона.

ГЛАВА XIV

УРАН.

Контраст между Ураном и другими крупными Планетами—Уильям Гершель—Его рождение и происхождение—Прибытие Гершеля в Англию—Его любовь к учебе—Начало его астрономических исследований—Конструкция телескопов—Изготовление зеркал—Профессор музыки становится астрономом—Методические исследования—13 марта 1781 г.—Открытие Урана—Тонкость наблюдения—Был ли объект кометой?—Значение этого Открытия — Слава Гершеля-Георга III. и музыкант из Бата—Королевский астроном в Виндзоре—Планета Уран—Числовые данные, относящиеся к ней—Четыре спутника Урана—Их круговые орбиты—Ранние наблюдения Урана—Наблюдения Флемстида—Лемонье видел Уран—Полезность их измерений—Эллиптическая траектория—Великая проблема, предложенная таким образом.

Настоящему автору всегда казалось, что история Урана и обстоятельств, сопутствовавших его открытию, представляет собой один из самых приятных и интересных эпизодов во всей истории науки. Здесь мы занимаем совершенно новое положение в изучении Солнечной системы. Все остальные крупные планеты были хорошо известны с древности, какими бы ошибочными ни были идеи, связанные с ними. Они были заметными объектами и своими движениями не могли не привлечь внимания тех, чьи занятия привели их к наблюдению за звездами. Но теперь мы подходим к огромной планете, само существование которой было совершенно неизвестно древним; и, следовательно, подходя к предмету, мы должны сначала описать фактическое открытие этого объекта, а затем рассмотреть то, что мы можем узнать о его физической природе.

На предыдущих страницах у нас была возможность упомянуть уважаемое имя Уильяма Гершеля в связи с различными разделами астрономии; но мы намеренно отложили любое более подробное упоминание этого выдающегося человека до тех пор, пока не перейдем к настоящей стадии нашей работы. История Урана, во всяком случае, на его ранних стадиях, - это история начала карьеры Уильяма Гершеля. Было бы в равной степени невозможно и нежелательно пытаться разделить их.

Уильям Гершель, знаменитый астроном, родился в Ганновере в 1738 году. Его отец был образованным человеком, несколько скромно избравшим профессию профессора музыки. У него была семья из десяти детей, из которых Уильям был четвертым; и можно отметить, что все члены семьи, о которых сохранились какие-либо записи, унаследовали музыкальные таланты своего отца и стали опытными исполнителями. Были сделаны приятные зарисовки об этой интересной семье, о необычных способностях Уильяма, о долгих дискуссиях о музыке и философии, а также о младшей сестре Каролине, которой в последующие годы была уготована блестящая карьера. Уильям вскоре усвоил все, чему мог научить его его учитель в обычных отраслях знаний, и к четырнадцати годам он уже был опытным исполнителем на гобое и альте. Он играл в придворном оркестре в Ганновере, а также был членом оркестра Ганноверской гвардии. Вскоре наступили смутные времена, которые привели к распаду семьи Гершеля. Французы вторглись в Ганновер, ганноверская гвардия была разгромлена в битве при Хастенбеке, а молодой Уильям Гершель имел неприятный опыт ведения реальной войны. Его здоровье было не очень крепким, и он решил, что изменит свою профессию. Вряд ли можно ожидать, что его биографы станут защищать его метод, поскольку, говоря откровенно, он дезертировал и ему удалось бежать в Англию. На основании неопровержимого источника утверждается, что во время первого визита Гершеля к королю Георгу III, более двадцати лет спустя, его помилование было вручено ему самим королем, оформленное по надлежащей форме.

В возрасте девятнадцати лет молодой музыкант начал искать счастья в Англии. Сначала он столкнулся с очень серьезными трудностями, но трудолюбие и мастерство преодолели все трудности, и к тому времени, когда ему исполнилось двадцать шесть лет, он основательно обосновался в Англии и преуспевал в своей профессии. В 1766 году мы обнаруживаем, что Гершель занимал некоторое выдающееся положение в музыкальном мире; он стал органистом Восьмиугольной капеллы в Бате, и его время было полностью занято уроками для своих многочисленных учеников, а также подготовкой к концертам и ораториям.

Несмотря на свою напряженную профессиональную жизнь, Гершель все еще сохранял ту ненасытную жажду знаний, которая была у него в детстве. Каждую минуту, которую он мог урвать от своих музыкальных занятий, он с жаром посвящал учебе. В своем желании усовершенствовать свои знания в наиболее сложных частях теории музыки ему довелось изучать математику; переход от математики к оптике был естественным; и как только он

начал изучать оптику, он, конечно, познакомился с телескопом, а оттуда и с самой астрономией.

Его начинания были сделаны в очень скромных масштабах. Именно с помощью маленького и несовершенного телескопа великий астроном впервые увидел небесное великолепие. Несомненно, он и раньше часто смотрел на небо ясной ночью и восхищался тысячами звезд, которыми оно было украшено; но теперь, когда он смог хотя бы немного улучшить свое зрение, ему открылся вид, который очаровал его. Звезды, которые он видел раньше, теперь он видел гораздо отчетливее; но, более того, он обнаружил, что мириады других, ранее невидимых, теперь открылись ему. Поистине великолепно это зрелище для любого, в ком есть искра энтузиазма по отношению к природной красоте. Для Гершеля этот вид мгновенно изменил все течение его жизни. Его успех в качестве профессора музыки, его оратории и его ученики были быстро забыты, и остаток его жизни был посвящен всепоглощающему изучению одной из благороднейших наук.

Гершель не мог оставаться довольным маленьким и несовершенным инструментом, который впервые заинтересовал его. На протяжении всей своей карьеры он был полон решимости увидеть все своими глазами наилучшим образом, насколько позволяли его максимальные возможности. Он сразу же решил приобрести инструмент получше и написал известному лондонскому оптику с намерением совершить покупку. Но цена, которую потребовал оптик, оказалась больше, чем, по мнению Гершеля, он мог или должен был дать. Решение было принято мгновенно. Ему нужен был хороший телескоп, и, поскольку он не мог его купить, он решил его изготовить. К счастью как для Гершеля, так и для науки, обстоятельства подтолкнули его к этому решению. И все же, на первый взгляд, насколько бесперспективным было это предприятие! То, что учитель музыки, занятый день и ночь напролет, без предварительной подготовки рассчитывал преуспеть в задаче, где требовались высочайшие механические и оптические навыки, казалось действительно маловероятным. Но энтузиазм и гениальность не знают непреодолимых трудностей. После блестящего концерта в Бате, когда этот город был на пике своей славы, Гершель спешил домой и, даже не потратив время на то, чтобы снять кружевные оборки, погружался в свой ручной труд по шлифовке зеркал и полировке линз. Ни один алхимик древности не был так глубоко поглощен проектом превращения свинца в золото, как Гершель в своей решимости обзавестись телескопом. Он превратил свой дом в лабораторию; из своей гостиной он превратил столярную мастерскую. Токарные станки были мебелью его лучшей спальни. У него должен был быть телескоп, и по мере продвижения вперед он решил, что у него должен быть не только хороший телескоп, но и пятьочень хороших; и поскольку успех поощрял его усилия, в конечном счете ему удалось сконструировать величайший телескоп, который когда-либо видел мир на тот момент. Хотя нас интересует Гершель как астроном, все же мы должны заметить, что даже как производитель телескопов он снискал огромную славу и немалый коммерческий успех. Когда мир огласился его славными открытиями и когда стало известно, что он не пользовался никакими другими телескопами, кроме тех, которые были делом его собственных рук, возник спрос на инструменты его конструкции. Утверждается, что он изготовил более восьмидесяти больших телескопов, а также множество других меньших размеров. Некоторые из этих инструментов были приобретены иностранными принцами и властителями. [29] Мы никогда не слышали, чтобы кто-либо из этих выдающихся личностей стал знаменитым астрономом, но, во всяком случае, они, по-видимому, щедро заплатили Гершелю за его мастерство, так что благодаря продаже больших телескопов он получил возможность реализовать то, что при умеренном кругозоре человека науки можно считать состоянием.

До середины своей жизни Гершель был неизвестен широкой публике разве что как трудолюбивый музыкант, пользующийся значительной известностью в своей профессии не только в Бате, но и по всей Западной Англии. Его изготовление телескопа было всего лишь занятием в свободные минуты, и о нем не слышали большинство тех, кто знал и уважал его музыкальные достижения. Именно в 1774 году Гершель впервые наслаждался видом небес с помощью прибора, изготовленного им собственными руками. Она была всего лишь небольшой по сравнению с теми, которые он впоследствии приобрел, но он сразу же ощутил преимущество того, что был собственным производителем инструментов. Ночь за ночью ему удавалось вносить усовершенствования, подсказанные опытом; в одно время он увеличивал зеркала, в другое восстанавливал крепление или пытался исправить дефекты в окулярах. С неутомимым упорством он стремился к высочайшему совершенству, и с каждым последующим продвижением он обнаруживал, что способен проникать все дальше в небо. Его энтузиазм привлек нескольких друзей, которые, как и он сам, были горячо привязаны к науке. Способ, которым он впервые познакомился с сэром Уильямом Уотсоном, который впоследствии стал его самым теплым другом, был характерен для обоих. Гершель наблюдал за горами при свете Луны, и по прошествии нескольких часов ему представился случай вынести свой телескоп на улицу перед своим домом, чтобы продолжить свою работу. Сэр Уильям Уотсон случайно проходил мимо и был привлечен необычным зрелищем: астроном глубокой ночью на людной улице пользовался большим и причудливого вида инструментом. Имея склонность к астрономии, сэр Уильям остановился и, когда Гершель оторвал взгляд от телескопа, спросил, можно ли ему взглянуть на Луну. Просьба была с готовностью удовлетворена. Вероятно, Гершель нашел лишь немногих в веселом городе, кого интересовали подобные вопросы; его быстро привлек сэр У. Уотсон, который сразу же ответил взаимностью на это чувство, и так завязалась дружба, которая стала важным плодом в последующей карьере Гершеля.

Наконец приблизился 1781 год, который должен был стать свидетелем его великого подвига. Гершель хорошо использовал семилетний практический опыт в астрономии и построил телескоп высочайшего оптического совершенства, хотя и значительно уступающий по размерам некоторым из тех, что он соорудил впоследствии. С помощью этого отражателя Гершель приступил к методичным наблюдениям. Он составил схему систематического изучения всех звезд, яркость которых превышала определенный уровень. Не совсем ясно, какую цель ставил перед собой Гершель, когда брался за эту работу, но, в любом случае, он вряд ли мог предвидеть экстраординарный успех, которым должна была увенчаться эта работа. В ходе этого обзора телескоп был направлен на звезду; эта звезда была исследована; затем в поле зрения попала другая, и она тоже была исследована. Каждая звезда при таких обстоятельствах просто показывает себя как светящаяся точка; точка может быть яркой или нет, в зависимости от того, яркая звезда или нет; точка также, конечно, будет показывать цвет звезды, но она не может иметь узнаваемого размера или формы. На самом деле, чем совершеннее телескоп, тем меньше изображение звезды в телескоп.

Сколько звезд осмотрел Гершель в этом обзоре, нам не сообщается; но, во всяком случае, в приснопамятную ночь 13 марта 1781 года он выполнял возложенную на него самим задачу среди сонмов в созвездии Близнецов. Несомненно, одна звезда за другой допускались к просмотру, и им разрешалось уходить. Однако, в конце концов, в поле зрения был помещен объект, который отличался от всех остальных звезд. Это была не простая светящаяся точка; у нее был крошечный, но все же вполне узнаваемый диск. Мы говорим, что диск был прекрасно различим, но нам следует с осторожностью добавить, что это было так только в превосходный телескоп Гершеля. Другие астрономы видели этот объект раньше. На самом деле его положение было измерено не менее девятнадцати раз, прежде чем музыкант из

Бата взглянул на него в свой самодельный телескоп, но предыдущие наблюдатели видели его только в маленьких меридиональных приборах с низким увеличением. Даже после того, как открытие было сделано, и когда хорошо подготовленные наблюдатели с хорошими приборами снова посмотрели под руководством Гершеля, одно за другим появлялись свидетельства необычайной тонкости восприятия великого астронома, позволившие ему почти с первого взгляда отличить его от звезды.

Если не звезда, то что же тогда это может быть? Первым шагом, позволившим получить ответ на этот вопрос, было наблюдение за телом в течение некоторого времени. Что Гершель и сделал. Он смотрел на него одну ночь за другой и вскоре обнаружил еще одно фундаментальное отличие этого объекта от обычной звезды. Звезды, конечно, характеризуются своей неподвижностью, но этот объект не был неподвижен; ночь за ночью место, которое он занимал, менялось по отношению к звездам. Больше не могло быть никаких сомнений в том, что это тело было членом солнечной системы и что было сделано интересное открытие; однако прошло много месяцев, прежде чем Гершель осознал истинные достоинства своего достижения. Он не осознавал, что совершил великолепное открытие другой могущественной планеты, вращающейся за пределами Сатурна; он думал, что это могла быть только комета. Без сомнения, этот объект сильно отличался от большой кометы, украшенной хвостом. Однако она не настолько сильно отличалась от некоторых форм телескопических комет, чтобы сделать предположение о том, что это тело такого рода, маловероятным; и об открытии сначала было объявлено в соответствии с этой точкой зрения. Требовалось время, прежде чем можно было установить истинный характер объекта. Необходимо пройти значительное расстояние по его траектории и измерить его положение в разные эпохи, прежде чем математик сможет практически рассчитать путь, по которому движется тело; однако, как только внимание было уделено этому предмету, многие астрономы помогли провести необходимые наблюдения. Они были переданы в руки математиков, и в результате было объявлено, что это тело не было кометой, но что, подобно всем планетам, оно вращалось почти по кругу вокруг Солнца и что путь этот лежал в миллионах миль от пути Сатурна, который так долго считался границей солнечной системы.

Вряд ли возможно переоценить значение этого великолепного открытия. Пять планет были известны с незапамятных времен; все они в подходящее время года были великолепно видны невооруженным глазом. Но теперь было обнаружено, что далеко за пределами самой удаленной из этих планет вращается другая великолепная планета, больше Меркурия или Марса, меньше *arger* — гораздо больше — Венеры и Земли, и уступает по массе только Юпитеру и Сатурну. Эта великолепная новая планета была погружена в космос на такую глубину, что, несмотря на свои благородные пропорции, казалась всего лишь крошечной звездой, лишь в редких случаях находящейся в пределах досягаемости невооруженного глаза. Этому огромному земному шару потребовалось восемьдесят четыре года, чтобы завершить свой величественный путь, и диаметр этого пути составлял 3 600 000 000 миль.

Хотя история астрономии — это летопись блестящих открытий — трудов Коперника и Кеплера, телескопических достижений Галилея и великолепной теории Ньютона, изысканного открытия аберрации света и многих других непреходящих триумфов интеллекта, — все же это достижение органиста из часовни Восьмиугольника занимает совершенно иное положение, чем любое другое. Никогда ранее не было никаких исторических записей об открытии одного из тел конкретной системы, к которой принадлежит Земля. Более древние планеты, без сомнения, были кем-то открыты, но мы можем сказать об этих открытиях немногим больше, чем об открытии солнца или Луны; все они одинаково доисторичны. Это был первый зарегистрированный случай открытия планеты, которая, как и

земля, вращается вокруг солнца и, как и наша земля, предположительно может быть обитаемым шаром. Столь уникальное достижение мгновенно привлекло внимание всего научного мира. Учитель музыки в Бате, доселе неслыханный астроном, быстро занял первое место среди тех, кто имел право на это имя. Со всех сторон к неизвестному философу проявлялся величайший интерес. Имя Гершеля, тогда еще неизвестное английскому слуху, появлялось во всех журналах, и сохранился любопытный список количества ошибок, допущенных при написании этого имени. Различные научные общества поспешили передать свои поздравления по столь памяtnому случаю.

Весть об открытии, сделанном ганноверским музыкантом, достигла ушей Георга III, и он послал за Гершелем, чтобы тот прибыл ко двору, чтобы король мог узнать, в чем на самом деле заключалось его достижение, из собственных уст первооткрывателя. Гершель захватил с собой один из своих телескопов и снабдил себя картой солнечной системы, с помощью которой можно было точно объяснить, в чем заключается значение этого открытия. Король был очень заинтересован рассказом Гершеля, и не меньше - самим Гершелем. В Виндзоре был установлен телескоп, и под руководством астронома королю показали Сатурн и другие знаменитые объекты. Также рассказывается, как придворные дамы на следующий день попросили Гершеля показать им чудеса, которые так понравились королю. Телескоп был должным образом установлен в окне одной из комнат королевы, но когда наступил вечер, оказалось, что небо затянуто тучами и звезд не видно. Это был опыт, с которым Гершель, как и любой другой астроном, был, к несчастью, слишком хорошо знаком. Но не каждый астроном продемонстрировал бы готовность Гершеля изящно покинуть это положение. Он показал своим ученицам конструкцию телескопа; он объяснил, что такое зеркало, и как он его изготовил и отполировал; а затем, видя, что облака неумолимы, он предложил, что, поскольку он не может показать им настоящий Сатурн, он должен показать искусственный как лучшую замену. Получив разрешение, Гершель отвел телескоп от неба и направил его на стену далекого сада. При взгляде в телескоп можно было увидеть Сатурн, его глобус и его систему колец, показанные так точно, что, по словам Гершеля, даже опытный астроном мог бы обмануться. Дело в том, что в течение дня Гершель увидел, что вечером небо, вероятно, будет затянуто тучами, и он предусмотрел это на случай чрезвычайной ситуации, прорезав отверстие в куске картона в форме Сатурна, который затем был прислонен к дальней стене сада и освещен лампой сзади.

Этот визит в Виндзор имел пять последствий, важных для Гершеля, важных для науки. Он произвел настолько благоприятное впечатление, что король предложил назначить его специальным королевским астрономом в Виндзоре. Король должен был предоставить средства для установки огромных телескопов, и он выделил Гершелю жалованье в размере 200 фунтов стерлингов в год, причем цифры были основаны, надо признать, на несколько умеренной оценке потребностей семьи астронома. Гершель никому не рассказывал об этих подробностях, кроме своего постоянного и щедрого друга сэра У. Уотсона, который воскликнул: "Никогда честь монарха не покупалась так дешево". Другим вопрошавшим Гершель просто сказал, что король позаботился о нем. Приняв этот пост, великий астроном, без сомнения, сделал серьезный шаг. Он сразу же полностью пожертвовал своей музыкальной карьерой, которая, судя по многим источникам, была прибыльной; но его решение было быстро принято. Он знал, что великолепное признание, которое он уже сделал в своей преданности астрономии, было лишь началом серии запоминающихся трудов. Он действительно давно чувствовал, что его прямой долг - следовать по тому жизненному пути, который указал его гений. Он уже не был молодым человеком. Он достиг среднего возраста, и эти годы стали особенно драгоценными для того, кто знал, что ему еще предстоит выполнить дело всей жизни. Он одним махом освободился от всех отвлекающих

факторов; от своих учеников и концертов, от всех связей в Бате он немедленно отказался; он с готовностью принял предложение короля и после одной или двух переездов навсегда поселился в Слау, недалеко от Виндзора.

Действительно, было хорошо отмечено, что самым важным событием в связи с открытием Урана было открытие непревзойденной наблюдательности Гершеля. Рано или поздно Уран должен был быть найден. Если бы Гершель не жил, мы бы, без сомнения, все еще знали Уран задолго до этого. Действительно важным моментом для науки было то, что гению Гершеля следовало дать полный простор, освободив его от захватывающих деталей обычного профессионального призвания. Открытие Урана закрепило все это и, соответственно, дало толчок всем будущим трудам Гершеля в астрономии. [30]

Уран настолько удален, что даже лучшие из наших современных телескопов не могут сделать из него яркого изображения. Мы можем видеть, как это сделал Гершель, что у нее есть измеримый диск, и на основании измерений этого диска мы приходим к выводу, что диаметр планеты составляет около 31 700 миль. Это примерно в четыре раза больше диаметра земли, и мы, соответственно, видим, что объем Урана должен быть примерно в шестьдесят четыре раза больше, чем у земли. Мы также обнаруживаем, что, как и другие планеты-гиганты, Уран, по-видимому, состоит из материалов, в целом гораздо более легких, чем те, которые мы находим здесь; так что, хотя Уран в шестьдесят четыре раза больше земли, он всего в пятнадцать раз тяжелее. Если мы можем доверять аналогиям с тем, что мы видим повсюду в нашей системе, мы можем почти не сомневаться в том, что Уран должен вращаться вокруг оси. Обычные средства демонстрации этого вращения вряд ли могут быть доступны для тела, поверхность которого кажется такой маленькой и тусклой. Соответственно, период вращения неизвестен. Спектроскоп сообщает нам, что Уран глубоко окутан замечательной атмосферой, содержащей, по-видимому, какие-то газы, чуждые нашему собственному.

Однако у Урана есть одна особенность, которая представляет много интересного для тех астрономов, которые обладают телескопами необычного размера и совершенства. Уран сопровождается системой спутников, некоторые из которых настолько слабые, что требуют самого пристального изучения для их обнаружения. Открытие этих спутников было одним из последующих достижений Гершеля. Однако примечательно, что даже его проницательность и осторожность не уберегли его от ошибок в отношении этих очень деликатных предметов. Некоторые из точек, которые он считал спутниками, должны были, как теперь кажется, быть просто звездами, значительно более удаленными, которые случайно оказались в поле зрения. С тех пор было установлено, что известных спутников Урана всего четыре, и их движение стало предметом длительных и интересных телескопических исследований. Четыре спутника носят имена Ариэль, Умбриэль, Титания и Оберон. Расположенный в порядке их удаленности от центрального тела, Ариэль, ближайший к нему, совершает свой путь за 2 дня и 12 часов. Оберон, самый далекий, завершает свое путешествие за 13 дней и 11 часов.

Закон Кеплера гласит, что путь спутника вокруг своего основного объекта, не меньший, чем путь основного объекта вокруг Солнца, должен быть эллипсом. Однако это оставляет безграничную свободу действий в отношении фактического эксцентриситета кривой. Эллипс может быть почти окружностью, он может быть абсолютно окружностью или чем-то совершенно отличным от окружности. Траектории, по которым движутся планеты, представляют собой, вообще говоря, почти круги; но мы не встречаем точного круга среди планетных орбит. Насколько нам в настоящее время известно, наиболее близким приближением к идеально круговому движению является то, при котором спутники Урана вращаются вокруг своей звезды. Мы не готовы сказать, что эти пути абсолютно круговые.

Все, что можно сказать, это то, что наши телескопы не показывают какого-либо измеримого отклонения от них. Следует также отметить в качестве интересного обстоятельства, что все орбиты спутников Урана лежат в одной плоскости. Это не относится ни к орбитам планет вокруг Солнца, ни к орбитам любой другой системы спутников вокруг их основного спутника. Однако самое необычное обстоятельство, присущее системе Урана, заключается в положении, которое занимает эта плоскость. Это действительно почти такая же большая аномалия в нашей системе, как и сами кольца Сатурна. У нас уже была возможность заметить, что плоскость, в которой земля вращается вокруг Солнца, очень близко совпадает с плоскостями, в которых вращаются все другие большие планеты. То же самое в значительной степени верно и для орбит малых планет; хотя здесь, без сомнения, мы встречаемся с несколькими случаями, в которых плоскость орбиты наклонена под немалым углом к плоскости, в которой движется земля. Плоскость, в которой вращается Луна, также приближается к этой системе планетарных плоскостей. То же самое происходит и с орбитами спутников Сатурна и Юпитера, в то время как даже недавно открытые спутники Марса не являются исключением из этого правила. Вся солнечная система — по крайней мере, в том, что касается крупных планет, — потребовала бы сравнительно небольших изменений, если бы орбиты были полностью сведены в одну плоскость. Однако есть несколько заметных исключений из этого правила. Спутники Урана вращаются в плоскости, которая далеко не совпадает с плоскостью, к которой приближаются все остальные орбиты. Фактически, траектории спутников Урана лежат в плоскости, почти перпендикулярной орбите Урана. Мы не в состоянии дать сколько-нибудь удовлетворительного объяснения этому обстоятельству. Однако очевидно, что в генезисе системы Урана должно было иметь место некоторое влияние совершенно исключительного и локального характера.

Вскоре после открытия планеты Уран, в 1781 году, было накоплено достаточно наблюдений, чтобы можно было определить орбиту, по которой она движется. Когда путь был известен, оставалось лишь произвести математический расчет, чтобы установить, где находилась планета в любое прошедшее время и где она будет находиться в любое будущее. Таким образом, возник интересный вопрос о том, насколько далеко можно найти какие-либо наблюдения планеты, сделанные до ее открытия Гершелем. Уран выглядит как звезда шестой величины. Не многие астрономы были снабжены телескопами такого совершенства, какого достиг Гершель, а личная тонкость восприятия, характерная для Гершеля, была еще более редким достоянием. Следовательно, следовало ожидать, что, если бы такие предыдущие наблюдения существовали, они просто зафиксировали бы Уран как звезду, видимую и действительно яркую в телескоп среднего размера, но все же не требующую какого-либо исключительного внимания по сравнению с тысячами внешне похожих звезд. Многие из первых астрономов посвятили себя полезной и кропотливой работе по составлению каталогов звезд. При составлении звездного каталога телескоп был направлен на небо, за звездами наблюдали, тщательно измеряли их расположение, также оценивали яркость звезды, и таким образом постепенно составлялся каталог, в котором каждой звезде было точно указано ее место, чтобы в любое время в будущем ее можно было идентифицировать. Таким образом, звезды регистрировались сотнями и тысячами в разные даты от зарождения точной астрономии до настоящего времени. Затем было высказано предположение, что, поскольку Уран так похож на звезду и поскольку он был достаточно ярким, чтобы привлечь внимание астрономов, обладающих даже очень умеренными инструментальными возможностями, существует вероятность того, что он уже наблюдался и, таким образом, действительно был зарегистрирован как звезда в некоторых старых каталогах. Это действительно была идея, достойная самого пристального внимания и чреватая важными последствиями в связи с бессмертным открытием, которое будет обсуждаться в нашей следующей главе. Но как должно было проводиться такое изучение

каталогов? Уран постоянно движется; не кажется ли вам, что в таком исследовании присутствуют все элементы неопределенности? Давайте рассмотрим примечательный пример.

Великая национальная обсерватория в Гринвиче была основана в 1675 году, и первым королевским астрономом был знаменитый Флемстид, который в 1676 году начал серию наблюдений небесных тел, которые продолжают по сей день и приносят такую неисчислимую пользу науке. Сначала инструменты были довольно примитивными, но в течение нескольких лет Флемстиду удалось раздобыть инструменты, достаточные для составления каталога звезд, и он с необычайным рвением посвятил себя этому начинанию. Именно в этом памятном труде, "Истории звезд" Флемстида, зафиксировано самое раннее наблюдение Урана. Во-первых, было известно, что орбита этого тела, как и орбиты любой другой крупной планеты, наклонена под очень небольшим углом к эклиптике. Отсюда следует, что Уран всегда можно встретить только вдоль эклиптики, и можно вычислить, где планета находилась в течение каждого года. Таким образом, было видно, что в 1690 году планета находилась в той части эклиптики, где Флемстид в тот же день проводил свои наблюдения. Было естественно обратиться к наблюдениям Флемстида и посмотреть, могла ли какая-либо из так называемых звезд быть Ураном. В "Historia Cœlestis" был найден объект, который занимал положение, идентичное тому, которое, должно быть, занимал Уран в ту же дату. Может ли это быть Уран? Сразу же была проведена решающая проверка. Телескоп был направлен на то место в небе, где Флемстид увидел звезду шестой величины. Если бы это действительно была звезда, была бы она все еще видна? Была проведена проверка: такой звезды найти не удалось, и, следовательно, предположение о том, что это действительно Уран, вряд ли могло быть подвергнуто сомнению. Вскоре поступили другие подтверждения. Было показано, что Уран наблюдался Брэдли и Тобиасом Майером, и также стало очевидно, что Флемстид наблюдал Уран не только один раз, но что он фактически измерял его местоположение четыре раза в 1712 и 1715 годах. И все же Флемстид никогда не подозревал об открытии, которое было так близко к его разгадке. У него, конечно, сложилось впечатление, что все эти наблюдения относились к разным звездам. Еще более примечательным случаем является случай Лемонье, который на самом деле наблюдал Уран двенадцать раз и даже регистрировал его в течение четырех дней подряд в январе 1769 года. Если бы Лемонье только внимательно просмотрел свою собственную работу; если бы он понял, что он мог бы сделать, почему звезда, которую он наблюдал вчера, исчезла сегодня, в то время как звезда, видимая сегодня, удалась завтра, нет сомнений, что Уран был бы открыт, и Уильям Гершель был бы предвосхищен. Использовал бы Лемонье свою славу так же эффективно, как Гершель? Кажется, что этот вопрос никогда не может быть решен, но те, кто оценивает Гершеля так, как, по мнению автора настоящей статьи, его следует оценивать, вероятно, согласятся с мнением, что науке очень повезло, что Лемонье *не* сравнивал свои наблюдения. [31]

Эти ранние случайные наблюдения Урана следует рассматривать не просто как вопросы, представляющие исторический интерес или курьез. Несколько слов позволят нам показать, что они имеют глубочайшее значение в отношении самой науки. Следует помнить, что Урану требуется не менее восьмидесяти четырех лет, чтобы совершить свой мощный оборот вокруг Солнца. Планета совершила один полный оборот с момента своего открытия и к настоящему времени (1900 год) совершила более трети другого оборота. Для тщательного изучения характера орбиты было желательно провести как можно больше измерений, охватывающих как можно более широкий интервал. Это было в значительной степени обеспечено идентификацией ранних наблюдений за Ураном. Приблизительное знание орбиты было вполне способно указать местоположение планеты с достаточной точностью, чтобы

идентифицировать ее при встрече в каталогах. Но когда с их помощью были обнаружены фактические наблюдения, они точно указали нам местоположение Урана; и, следовательно, вместо того, чтобы наши знания о планете ограничивались лишь немногим более чем одним оборотом, в настоящее время мы располагаем информацией о ней, охватывающей значительно больше, чем два оборота.

Из наблюдений за планетой можно определить эллипс, по которому она движется. Мы можем вычислить этот эллипс на основе наблюдений, сделанных за время, прошедшее с момента открытия. Мы также можем вычислить эллипс на основе ранних наблюдений, сделанных до открытия. Если бы законы Кеплера были строго проверены, то, конечно, эллипс, совершаемый при настоящем обороте, ничем не должен был бы отличаться от эллипса, совершаемого при предыдущем или даже при любом другом обороте. Мы можем проверить этот момент интересным способом, сравнив эллипс, полученный из древних наблюдений, с эллипсом, полученным из современных. Эти эллипсы очень похожи друг на друга; они почти одинаковы; но наиболее важно отметить, что они не являются *в точности* одинаковыми, даже если были приняты во внимание все известные источники возмущения в соответствии с принципами, объясненными в следующей главе. Таким образом, закон Кеплера кажется не совсем верным в случае с Ураном. Вот, действительно, вопрос, требующий нашего самого серьезного и пристального внимания. Разве мы неоднократно не доказывали универсальность законов Кеплера в управлении движением планет? Как же тогда мы можем согласовать этот закон с теми нерегулярностями, которые, без сомнения, существуют в движениях Урана?

Давайте рассмотрим этот вопрос чуть внимательнее. Мы знаем, что законы Кеплера являются следствием законов всемирного тяготения. Мы знаем, что планета движется по эллиптической траектории вокруг солнца в силу притяжения солнца, и мы знаем, что эллипс сохранится без малейших изменений, если солнце и планета будут предоставлены их взаимному притяжению, и если не вмешается никакая другая сила. Мы также можем рассчитать влияние каждой из известных планет на форму и положение орбиты. Но когда принимаются во внимание все такие возмущающие воздействия, обнаруживается, что наблюдаемые и вычисленные орбиты не совпадают. Вывод напрашивается сам собой. Уран движется не только вследствие притяжения Солнца и планет нашей системы к Урану; следовательно, на Уран должно действовать какое-то дополнительное влияние, помимо уже известных. Развитию этого вопроса будет посвящена следующая глава.

ГЛАВА XV.

НЕПТУН.

Открытие Нептуна—Математическое достижение—Притяжение Солнца—Все тела притягиваются—Юпитер и Сатурн—Возмущения планет—Три тела—Природа упростила задачу—Приблизительное решение—Источники успеха—Проблема, поставленная для Земли—Открытия Лагранжа—Эксцентриситет—Необходимость того, чтобы все планеты вращались в одном направлении—Открытия Лагранжа не представляют такого драматического интереса, как более поздние достижения—Неправильности Урана—Неизвестная планета должна вращаться вне траектории Урана—Данные для задачи—Le

Верье и Адамс оба исследуют этот Вопрос—Адамс указывает место Планеты—Как должен был проводиться поиск—Лeverье также решает проблему—Телескопическое открытие планеты—Претензии соперника—Раннее наблюдение Нептуна—Сложность телескопического исследования Нептуна—Числовые данные орбиты—Есть ли какая-либо внешняя планета?—Контраст между Меркурием и Нептуном.

В этой главе мы описываем открытие, настолько экстраординарное, что можно тщетно искать параллель во всех анналах науки. Нас здесь не интересуют технические аспекты практической астрономии. Нептун был впервые обнаружен с помощью глубоких математических исследований, а не с помощью тщательного телескопического исследования. Мы должны развить рассказ об этой поразительной эпохе в истории науки со всей полнотой деталей, которая соизмерима с ее важностью; и, соответственно, в начале нашего повествования будет необходимо совершить экскурс в трудный, но привлекательный раздел астрономии, к которому мы пока что мало обращались.

Высшей управляющей силой в солнечной системе является притяжение солнца. Каждая планета системы испытывает это притяжение и в силу этого вынуждена вращаться вокруг солнца по эллиптической траектории. Эффективность тела как притягивающего агента прямо пропорциональна его массе, и поскольку масса солнца более чем в тысячу раз больше массы Юпитера, которая сама по себе превышает массу всех других планет вместе взятых, притяжение солнца неизбежно является главной определяющей силой движений в нашей системе. Закон всемирного тяготения, однако, не просто гласит, что солнце притягивает каждую планету. Теория всемирного тяготения - это доктрина гораздо более общая, поскольку она утверждает, что каждое тело во вселенной притягивает любое другое тело. В соответствии с этим законом каждая планета должна притягиваться не только солнцем, но и бесчисленными телами, и движение планеты должно быть совместным результатом всех таких притяжений. Что касается влияния звезд на нашу солнечную систему, то его можно сразу отбросить как незначительное. Звезды, без сомнения, являются огромными телами, во многих случаях, возможно, превосходящими Солнце по величине, но закон всемирного тяготения говорит нам, что интенсивность притяжения уменьшается с увеличением квадрата расстояния. Большинство звезд в миллион раз дальше Солнца, и, следовательно, их притяжение настолько незначительно, что при обсуждении этого вопроса оно абсолютно незначительно. Единственные притяжения, которые нам нужно учитывать, - это те, которые возникают в результате воздействия одного тела системы на другое. Возьмем, к примеру, две крупнейшие планеты нашей системы, Юпитер и Сатурн. Каждый из этих шаров вращается в основном из-за притяжения солнца, но каждая планета также притягивает друг друга, и в результате каждая из них немного отклоняется от того положения, которое она занимала бы в противном случае. На языке астрономии мы бы сказали, что путь Юпитера нарушается притяжением Сатурна; и, наоборот, что путь Сатурна нарушается притяжением Юпитера.

В течение многих лет эти неравномерности движения планет создавали проблемы, с которыми астрономы были не в состоянии справиться. Постепенно, однако, одна трудность за другой были преодолены, и хотя, без сомнения, все еще остаются нерешенными некоторые мелкие нарушения, которые не были полностью объяснены, все же все более крупные и важные явления такого рода хорошо поняты. Этот вопрос является одним из самых сложных, с которыми астроному приходится сталкиваться во всем диапазоне его научных знаний. Здесь он должен рассчитать, какой эффект одна планета способна произвести на другую планету. Подобные вычисления сопряжены с огромными трудностями, и преодолеть

их можно только с помощью непревзойденного мастерства в самых высоких областях математики. Давайте сформулируем, в чем на самом деле заключается проблема.

Когда два тела движутся в силу своего взаимного притяжения, они оба будут вращаться по кривой, которая допускает точное определение. Каждая траектория, по сути, представляет собой эллипс, и они должны иметь общий фокус в центре тяжести двух тел, рассматриваемых как единая система. В случае солнца и планеты, у которых масса солнца значительно превышает массу планеты, центр тяжести обоих находится очень близко к центру солнца; путь большого тела в таком случае очень мал по сравнению с путем планеты. Все эти вопросы допускают совершенно точный расчет несколько элементарного характера. Но теперь давайте добавим к системе третье тело, которое притягивает каждое из других и притягивается ими. Вследствие этого притяжения третье тело смещается, и соответственно изменяется его влияние на остальные; они, в свою очередь, воздействуют на него, и эти действия и реакции вносят бесконечную сложность в систему. Такова знаменитая "проблема трех тел", которая привлекала внимание почти каждого великого математика со времен Ньютона. Сформулированная в ее математическом аспекте, и без того, чтобы ее сложность уменьшалась какими-либо изменяющимися обстоятельствами, проблема не поддается решению. Математики пока не смогли разобраться со взаимным притяжением трех тел, свободно движущихся в пространстве. Если число тел больше трех, как это фактически имеет место в солнечной системе, проблема становится еще более безнадежной.

Однако природа в этом вопросе обошлась с нами по-доброму. Она, это правда, предложила проблему, которая не может быть точно решена; но она привнесла в проблему, предложенную в солнечной системе, определенные особенности, которые существенно уменьшают трудность. Мы все еще не в состоянии сделать то, что математик назвал бы строгим решением вопроса; мы не можем решить его с полнотой суммы в арифметике; но мы можем сделать то, что почти, если не совсем, так же полезно. Мы можем решить проблему приблизительно; мы можем *очень близко* определить, каково влияние одной планеты на другую, и с помощью дополнительной работы мы можем снизить пределы неопределенности до настолько низкой точки, насколько это может быть желательно. Таким образом, мы получаем практическое решение проблемы, адекватное всем целям науки. Нам мало что дает знание местоположения планеты с абсолютной математической точностью. Если мы сможем определить, чего мы хотим, с таким близким приближением к истинному положению, что ни один телескоп не сможет обнаружить разницу, тогда все практические цели будут достигнуты. Причина, по которой в этом случае нам удастся обойти трудности, которые мы не можем преодолеть, заключается в исключительном характере проблемы трех тел, как она проявляется в солнечной системе. Во-первых, солнце имеет такую выдающуюся массу, что можно упустить из виду многие моменты, которые имели бы важное значение, если бы с ним соперничала по массе любая из планет. Другой источник нашего успеха заключается в небольшом наклоне планетарных орбит друг к другу; в то время как тот факт, что орбиты почти круглые, также значительно облегчает работу. Математики, которые могут проживать в некоторых других частях Вселенной, не пользуются таким же уважением. Среди звездных систем мы находим немало случаев, когда проблема трех тел или даже более чем трех должна была бы решаться без каких-либо смягчающих обстоятельств, которые представляет наша система. В таких группах, как чудесная звезда Орион, у нас есть три или четыре тела, сопоставимые по размеру, которые должны производить движения предельной сложности. Даже если земные математики когда-нибудь наберутся смелости столкнуться с подобными проблемами, маловероятно, что они смогут решать их в ближайшие века; такие исследования должны основываться на точных наблюдениях в качестве своей основы; а

наблюдения за этими удаленными системами в настоящее время совершенно неадекватны для этой цели.

Беспрепятственное обращение планеты вокруг Солнца в соответствии с законом Кеплера обеспечило бы для этой планеты постоянные климатические условия. Земля, например, если руководствоваться исключительно законами Кеплера, каждый день в году возвращалась бы точно в то же положение, в котором она находилась в тот же день прошлого года. Из века в век количество тепла, получаемого землей, оставалось бы постоянным, если бы солнце оставалось неизменным, и нынешний климат, таким образом, мог бы сохраняться бесконечно. Но с тех пор, как стало известно о существовании планетарных возмущений, возникают вопросы величайшей важности в отношении возможных последствий, которые могут иметь такие возмущения. Теперь мы видим, что путь Земли не является абсолютно фиксированным. Этот путь нарушен Венерой и Марсом; он нарушен, он должен быть нарушен каждой планетой в нашей системе. Это правда, что за год или даже за столетие количество произведенных изменений не очень велико; эллипс, который представляет путь нашей земли в этом году, не сильно отличается от эллипса, который представлял движение земли сто лет назад. Но возникает важный вопрос о том, не может ли небольшая разница, которая действительно существует, постоянно увеличиваться и в конечном итоге не принять таких размеров, чтобы изменить наш климат или даже сделать жизнь совершенно невозможной. Действительно, если мы посмотрим на предмет без тщательных расчетов, ничто не покажется более вероятным, чем то, что такова должна быть судьба нашей системы. Этот шар вращается по траектории внутри траектории могущественного Юпитера. Следовательно, она постоянно притягивается Юпитером, и когда она настигает огромную планету и оказывается между ним и солнцем, тогда два тела оказываются сравнительно близко друг к другу, и Юпитер вытягивает землю наружу. Можно было бы предположить, что тенденция таких возмущений будет заключаться в постепенном отдалении земли от солнца и, таким образом, заставит наш земной шар описывать траекторию, становящуюся все шире и шире. Однако невозможно решить динамический вопрос с помощью чисто поверхностных рассуждений такого характера. Вопрос должен быть вынесен на рассмотрение трибунала математического анализа, где должным образом принимается во внимание каждый элемент в деле. Такое исследование ни в коем случае не является простым. Она достойно использовала великолепные таланты Лагранжа и Лапласа, чьи открытия в теории возмущения планет являются одними из самых замечательных достижений в астрономии.

Мы не можем здесь пытаться описать рассуждения, которыми пользовались эти великие математики. Это может быть выражено только формулами математика, и тогда было бы едва ли понятно без предшествующих лет математического изучения. Однако, к счастью, результаты, к которым пришли Лагранж и Лаплас и которые были в изобилии подтверждены работами других математиков, допускают описание простым языком.

Давайте представим случай с солнцем и двумя планетами, обращающимися вокруг него. Эти две планеты взаимно мешают друг другу, но величина возмущения невелика по сравнению с воздействием солнца на каждую из них. Лагранж продемонстрировал, что, хотя эллипс, по которому двигалась каждая планета, постепенно изменялся в некоторых отношениях под действием притяжения другой планеты, все же есть одна особенность кривой, которую возмущение бессильно изменить навсегда: самая длинная ось эллипса и, следовательно, среднее расстояние планеты от солнца, равное его половине, должны оставаться неизменными. Это действительно открытие, столь же важное, сколь и неожиданное. Оно сразу устраняет все опасения относительно влияния, которое возмущения могут оказать на стабильность системы. Это показывает, что, несмотря на притяжение Марса и Венеры,

Юпитера и Сатурна, наша земля всегда будет продолжать вращаться на том же среднем расстоянии от солнца, и, таким образом, смена времен года и продолжительность года, по крайней мере, в том, что касается этого элемента, останутся навсегда неизменными.

Но Лагранж углубился в исследование еще дальше. Он увидел, что среднее расстояние не изменилось, но оставалось выяснить, не повлияют ли возмущения на эксцентриситет эллипса, описываемого землей. Это вопрос едва ли менее важный, чем тот, о котором только что говорилось. Даже при том, что земля сохраняла то же среднее расстояние от солнца, все же наибольшее и наименьшее расстояния могли быть сильно неравными: земля могла пройти очень близко к солнцу на одной части своей орбиты, а затем удалиться на очень большое расстояние на противоположной части. Что касается благополучия нашего земного шара и его обитателей, то это столь же важно, как и вопрос о среднем расстоянии; слишком много тепла в одну половину года дало бы лишь безразличную компенсацию за слишком мало в течение другой половины. Лагранж также представил этот вопрос для своего анализа. Он снова преодолел математические трудности и снова смог дать уверенность в постоянстве нашей системы. Это правда, что на этот раз он не смог сказать, что эксцентриситет каждого пути останется постоянным; это не так. Что он действительно утверждает и что он убедительно доказал, так это то, что эксцентриситет каждой орбиты всегда будет оставаться небольшим. Мы узнаем, что форма земной орбиты постепенно расширяется и постепенно сжимается; наибольшая длина эллипса неизменна, но иногда она больше приближается к окружности, а иногда становится более эллиптической. Эти изменения заключены в узких пределах; так что, хотя они, вероятно, могут соответствовать измеримым климатическим изменениям, все же безопасность системы не подвергается опасности, как это было бы, если бы эксцентриситет мог увеличиваться бесконечно. Лагранж снова применил ресурсы своего математического аппарата для изучения влияния, которое возмущения могут оказывать наклон траектории движения планеты. Результат в этом случае был аналогичен результату, полученному в отношении эксцентриситетов. Если мы начнем с предположения, что взаимные наклона планет малы, то математика уверяет нас, что они всегда должны оставаться малыми. Таким образом, мы приходим к выводу, что планетарные возмущения не могут повлиять на стабильность солнечной системы.

Возможно, мы более полно оценим важность этих достопамятных исследований, если подумаем, насколько легко все могло бы сложиться иначе. Давайте предположим систему, похожую на нашу во всех отношениях, кроме одного. Пусть в этой системе будет солнце, как в нашей; система планет и спутников, подобных нашей. Пусть массы всех тел в этой гипотетической системе идентичны массам в нашей системе, и пусть расстояния и периодическое время в обоих случаях одинаковы. Пусть все плоскости орбит расположены подобным образом; и все же эта гипотетическая система может содержать семена распада, от которых наша свободна. В воображаемой схеме есть одна точка, которую мы еще не определили. В нашей системе все планеты вращаются в *одном направлении* вокруг Солнца. Предположим, что этот закон нарушается в гипотетической системе, когда одна планета поворачивает вспять свой путь. Одно только это небольшое изменение подвергло бы систему риску разрушения в результате планетарных возмущений. Таким образом, здесь мы обнаруживаем необходимость того поразительного единообразия направлений, в которых планеты вращаются вокруг солнца. Если бы эти направления не были единообразными, наша система, по всей вероятности, погибла бы много веков назад, и мы не были бы здесь для обсуждения пертурбаций или любой другой темы.

Каким бы великим ни был успех выдающегося французского математика, совершившего эти прекрасные открытия, этому столетию осталось стать свидетелем высшего триумфа

математического анализа, примененного к закону всемирного тяготения. Работе Лагранжа недостает драматического интереса открытия, сделанного Лавуазье и Адамсом, которые расширили границы Солнечной системы благодаря открытию планеты Нептун, вращающейся далеко за пределами Урана.

Мы уже упоминали о трудностях, с которыми столкнулись, когда пытались согласовать ранние наблюдения Урана с теми, которые были сделаны после его открытия. Мы показали, что траектория, по которой вращалась эта планета, претерпела изменения, и что, следовательно, Уран должен подвергаться действию какой-то другой силы, помимо притяжения Солнца.

Возникает вопрос о природе этих возмущающих сил. Из того, что мы уже узнали о взаимном разрушающем влиянии между любыми двумя планетами, кажется естественным задаться вопросом, не могли ли неправильности Урана быть объяснены притяжением других планет. Уран вращается рядом с Сатурном. Масса Сатурна намного больше массы Урана. Не может ли быть так, что Сатурн оттягивает Уран в сторону и, таким образом, вызывает изменения? Этот вопрос должен решать математик. Он может вычислить, на что способен Сатурн, и он обнаруживает, без сомнения, что Сатурн способен произвести некоторое смещение Урана. Подобным же образом Юпитер, с его огромной массой, воздействует на Уран и производит возмущение, которое вычисляет математик. Когда цифры были рассчитаны для всех известных планет, их применили к Урану, и мы могли бы ожидать, что они полностью объяснят наблюдаемые неровности его траектории. Однако это было не так. После того, как все известные источники возмущения были тщательно учтены, было показано, что на Уран все еще оказывает влияние какой-то другой агент; и, следовательно, был сделан вывод, что на Уран, должно быть, воздействует какое-то неизвестное тело. Чем могло быть это неизвестное тело и где оно должно располагаться? Аналогия была здесь руководством для тех, кто размышлял по этому поводу. Мы не знаем причины нарушения движения планеты, за исключением притяжения другой планеты. Может ли быть так, что Уран действительно был притянут какой-то другой планетой, в то время совершенно неизвестной? Это предположение было высказано многими астрономами, и удалось определить некоторые условия, которым должно соответствовать неизвестное тело. Во-первых, его орбита должна лежать за пределами орбиты Урана. Это было необходимо, потому что неизвестная планета должна быть большой и массивной, чтобы создавать наблюдаемые неровности. Следовательно, если бы он был ближе, чем Уран, то был бы заметным объектом и, должно быть, был обнаружен давным-давно. Были также доступны другие рассуждения, показывающие, что если возмущения Урана были вызваны притяжением планеты, то это тело должно вращаться за пределами земного шара, открытого Гершелем. Общие аналогии планетной системы также могут быть приведены в поддержку гипотезы о том, что траектория неизвестной планеты, хотя и обязательно эллиптическая, не сильно отличается от окружности и что плоскость, в которой она движется, также должна почти совпадать с плоскостью земной орбиты.

Измеренные отклонения Урана в различных точках его орбиты были единственными данными, доступными для открытия новой планеты. Мы должны рассчитать орбиту неизвестного земного шара, а также массу самой планеты таким образом, чтобы учесть различные возмущения. Давайте, для примера, предположим определенное расстояние для гипотетического тела и попробуем, сможем ли мы назначить планете как орбиту, так и массу на этом расстоянии, которые будут учитывать возмущения. Наше первое предположение, возможно, слишком велико. Мы пробуем снова с меньшим расстоянием. Теперь мы можем представить наблюдения с большей точностью. Третья попытка даст результат еще точнее,

пока, наконец, не будет определено расстояние до неизвестной планеты. Аналогичным образом можно определить и массу тела. Мы принимаем определенное значение и вычисляем возмущения. Если результаты кажутся большими, чем полученные в результате наблюдений, то предполагаемая масса слишком велика. Мы вносим поправку в предположение и пересчитываем с меньшей величиной, и так далее, пока, наконец, не определим массу планеты, которая согласуется с результатами фактического измерения. Аналогичным образом должны быть установлены и другие элементы неизвестной орбиты — ее эксцентриситет и положение ее оси. В конце концов оказалось, что возмущения Урана можно было бы полностью объяснить, если бы неизвестная планета имела определенную массу и двигалась по орбите, имеющей определенное положение, в то время как было также очевидно, что никакая сильно изменившаяся орбита или масса не объяснили бы наблюдаемые факты.

Эти замечательные вычисления были проведены совершенно независимо двумя астрономами — одним из Англии и одним из Франции. Каждый из них атаковал великую проблему, и каждый из них преуспел в ее решении. Ученые мужи Англии и ученые мужи Франции объединились в споре по вопросу о притязаниях их соответствующих сторонников на великое открытие; но за сорок лет, прошедших со времени этих достопамятных исследований, вопрос постепенно стал решенным. Беспристрастный вердикт научного мира за пределами Англии и Франции заключается в том, что заслуги этого великолепного триумфа науки должны быть разделены поровну между покойным выдающимся профессором Дж.К. Адамсом из Кембриджа и покойным У.Ж.Ж. Леверье, директором Парижской обсерватории.

Вскоре после того, как мистер Адамс получил ученую степень в Кембридже, в 1843 году, когда он получил звание старшего философа, он обратил свое внимание на пертурбации на поверхности Земли и, руководствуясь только этими пертурбациями, начал свои поиски неизвестной планеты. Исследование было долгим и трудным, потребовавшим огромного количества числовых расчетов, а также непревзойденных математических ресурсов; но постепенно мистер Адамс преодолел трудности. По мере раскрытия темы он увидел, как возмущения Урана могут быть полностью объяснены существованием внешней планеты, и, наконец, он установил не только орбиту этого внешнего тела, но даже смог указать ту часть небес, в которой следует искать неизвестный шар. Проводя свои исследования на таком продвинутом этапе, мистер Адамс в октябре 1845 года обратился к королевскому астроному сэру Джорджу Эйри в Гринвиче и передал ему в руки расчеты, которые с поразительной точностью указали местоположение еще ненаблюдаемой планеты. Таким образом, оказывается, что за семь месяцев до того, как кто-либо другой решил эту проблему, мистер Адамс преодолел ее трудности и фактически определил местоположение планеты на расстоянии немногим более градуса от того места, которое, как теперь известно, она занимала. Все, что требовалось, чтобы завершить открытие и снискать профессору Адамсу и английской науке безраздельную славу этого достижения, - это тщательный телескопический поиск в небесах в указанном районе.

Почему, можно сказать, такое расследование не было начато сразу? Несомненно, это было бы сделано, если бы обсерватории сорок лет назад были в целом снабжены теми сложными звездными картами, которыми они располагают сейчас. В отсутствие карты (а ни одна из них еще не была опубликована относительно той части неба, где находилась неизвестная планета) поиски планеты были чрезвычайно утомительным занятием. Предполагалось, что новый шар можно обнаружить по его видимому диску; но следует помнить, что даже Уран, расположенный гораздо ближе к нам, имел диск настолько маленький, что за ним

наблюдали почти двадцать раз без особого внимания, хотя это и не ускользнуло от орлиного взгляда Гершеля. Тогда оставался только один доступный метод поиска Нептуна. Задача заключалась в том, чтобы составить карту неба в указанном районе, а затем ночь за ночью сравнивать эту карту со звездами на небе. Прежде чем рекомендовать приступить к столь трудоемкой работе, Королевский астроном счел правильным подвергнуть исследования мистера Адамса критической предварительной проверке. мистер Адамс показал, как его теория дает точный отчет о колебаниях Урана по долготе. Королевский астроном спросил мистера Адамса, может ли он дать столь же четкое объяснение заметным изменениям расстояния до Урана. Не может быть никаких сомнений в том, что его теория дала бы удовлетворительный отчет и об этих изменениях; но, к сожалению, мистер Адамс, по-видимому, не счел этот вопрос достаточно важным, чтобы дать Королевскому астроному какой-либо быстрый ответ, и, следовательно, случилось так, что между тем временем, когда мистер Адамс впервые сообщил Королевскому астроному о своих результатах, и временем, когда были систематически начаты телескопические поиски планеты, прошло не менее девяти месяцев. До этого времени не было опубликовано ни одного отчета об исследованиях мистера Адамса. О его трудах знали лишь немногие, кроме королевского астронома и профессора Чаллиса из Кембриджа, на которого впоследствии была возложена обязанность вести поиски.

Тем временем Араго специально обратил внимание Леверье, великого французского математика и астронома, на проблему возмущений Урана. Проведя исчерпывающий анализ, Леверье исследовал все возможные известные источники помех. Влияния более старых планет были оценены еще раз со всей точностью, но только для того, чтобы подтвердить уже сделанный вывод об их неадекватности для объяснения возмущений. Затем Леверье приступил к поиску неизвестной планеты с помощью математических исследований, в полном неведении о трудах Адамса. В ноябре 1845 года и снова 1 июня 1846 года были объявлены отдельные результаты французского астронома. Королевский астроном тогда понял, что его расчеты практически совпадают с расчетами Адамса, настолько, что места, назначенные неизвестной планете двумя астрономами, расходятся не более чем на градус! Это был, действительно, замечательный результат. Это была планета, неизвестная человеческому взору, но ощущаемая, так сказать, с помощью математического анализа с такой уверенностью, что два астронома, каждый из которых был в полном неведении о трудах другого, согласились определить местонахождение планеты почти в одном и том же местенеба. Таким образом, существование нового глобуса было практически доказано, и астрономы-практики были обязаны немедленно приступить к поискам. В июне 1846 года Королевский астроном объявил посетителям Гринвичской обсерватории о близком совпадении расчетов Леверье и Адамса и призвал немедленно начать строгое изучение указанного региона. Профессор Чаллис, командовавший большим нортумберлендским экваториальным телескопом в Кембридже, был вынужден взяться за эту работу, и 29 июля 1846 года он приступил к ней.

План поисков, принятый профессором Чаллисом, был обременительным. Сначала он определил теоретическое положение планеты, указанное м-ром Адамсом, и, допустив очень большой запас погрешностей при столь малопонятных расчетах, он выделил определенную область небес, вблизи эклиптики, в которой можно было ожидать обнаружения неизвестной планеты. Затем он решил понаблюдать за всеми звездами в этом регионе и измерить их взаимное расположение. Когда эта работа была проделана один раз, ее предстояло повторить во второй раз. Его схема даже предусматривала третий полный набор наблюдений звезд, содержащихся в этой выбранной области. Не могло быть никаких сомнений в том, что этот процесс определил бы планету, если бы она была достаточно яркой, чтобы находиться в

пределах звездной величины, принятых профессором Чаллисом. Земной шар можно было бы обнаружить по его движению относительно звезд, когда нужно было бы сравнить три серии измерений. Схема была организована настолько тщательно, что, должно быть, привела к ожидаемому открытию — фактически, впоследствии оказалось, что профессор Чаллис действительно наблюдал планету более одного раза, и последующее сравнение ее положений должно было безошибочно привести к обнаружению нового глобуса.

Леверье неуклонно развивал свои не менее сложные исследования в том же направлении. Он был уверен в существовании планеты и зашел так далеко, что предсказал не только положение земного шара, но даже его фактический вид. Он полагал, что планета будет достаточно большой (хотя, конечно, все еще представляет собой всего лишь телескопический объект), чтобы ее можно было отличить от звезд по наличию диска. Эти определенные предсказания укрепили веру в то, что мы стоим на пороге еще одного великого открытия в Солнечной системе, настолько, что, когда сэр Джон Гершель обратился к Британской ассоциации 10 сентября 1846 года, он произнес следующие слова: "Прошедший год подарил нам новую планету Астрея — он сделал больше, он дал нам вероятную перспективу другого. Мы видим это так, как Колумб видел Америку с берегов Испании. Его движения ощущались дрожащими вдоль далеко идущей линии нашего анализа, с достоверностью, едва ли уступающей визуальной демонстрации".

Время открытия теперь быстро приближалось. 18 сентября 1846 года Леверье написал доктору Галле из Берлинской обсерватории, описав местоположение планеты, указанное его расчетами, и попросив его сделать ее открытие с помощью телескопа. Предпочтительная просьба, таким образом, была аналогична просьбе, сделанной от имени Адамса профессору Чаллису. И в Берлине, и в Кембридже телескопические исследования должны были проводиться в одной и той же области неба. Однако берлинским астрономам повезло, что они оказали неоценимую помощь в исследованиях, которой в то время не было в руках профессора Чаллиса. Мы упоминали, как поиск планеты с помощью телескопа может быть облегчен за счет использования тщательно составленной звездной карты. Фактически, достаточно простого сравнения карты с небом. Так получилось, что подготовка серии звездных карт была предпринята Берлинской академией наук несколькими годами ранее. На этих картах было точно выгравировано расположение каждой звезды, вплоть до десятой величины. Эта работа была очень полезной, но ее создатели вряд ли могли предвидеть блестящее открытие, которое станет результатом их многолетнего кропотливого труда. Было сочтено удобным опубликовать такой обширный фрагмент геодезических работ в рассрочку, и, соответственно, по мере того, как схема была завершена, она выходила из печати лист за листом. Случилось так, что незадолго до того, как весть о трудах Леверье достигла Берлина, карта этой части небес была выгравирована и напечатана.

Письмо Леверье дошло до доктора Галле в Берлин 23 сентября. Небо в ту ночь было ясным, и мы можем представить, с какой тревогой доктор Галле направил свой телескоп в небеса. Инструмент был направлен в соответствии с инструкциями Леверье. В поле зрения было множество звезд, как и во всех частях неба. Одна из них на самом деле была планетой. Была развернута новая карта, и звезда за звездой небеса были сопоставлены с ней. По мере того как продолжалась идентификация звезд, обнаруживалось, что один объект за другим находятся на небесах в том виде, в каком они были выгравированы на карте, и, конечно же, их отвергали. Наконец, в поле зрения попала звезда восьмой величины — блестящий объект. Карту изучили, но звезды там не было. Этот объект не мог находиться на своем нынешнем месте, когда создавалась карта. Следовательно, объект был странником - планетой. И все же в таком вопросе необходимо было соблюдать осторожность. Приходилось остерегаться

многих возможностей. Например, по крайней мере, можно было предположить, что этот объект на самом деле был звездой, которая по какой-то случайности ускользнула от внимательного взгляда астронома, составившего карту. Было даже возможно, что звезда могла быть одной из большого класса переменных, которые изменяются по яркости, и она могла быть слишком слабой, чтобы ее можно было увидеть при составлении диаграммы. Или это может быть одна из малых планет, движущихся между Марсом и Юпитером. Даже если ни одно из этих объяснений не давало ответа, все равно было необходимо показать, что объект двигался с той конкретной скоростью и в том конкретном направлении, на которые указывала теория Леверье. Одного дня было достаточно, чтобы рассеять все сомнения. На следующую ночь объект был снова замечен. Он двигался, и когда его движение было измерено, оказалось, что оно в точности соответствует тому, что предсказал Леверье. Действительно, как будто для подтверждения не должно отсутствовать никаких обстоятельств, диаметр планеты, измеренный микрометрами в Берлине, оказался практически совпадающим с диаметром, предсказанным Леверье.

Мир быстро облетела весть об этом великолепном достижении. Мгновенно имя Леверье поднялось на вершину, едва ли превзойденную именем любого астронома любой эпохи или страны. Обстоятельства открытия были в высшей степени драматичными. Мы представляем великого астронома, погруженного в глубокую медитацию на многие месяцы; его взгляд устремлен не на звезды, а на свои вычисления. В его руках нет телескопа; человеческий интеллект - инструмент, которым он пользуется один. С терпеливым трудом, руководствуясь совершенным математическим искусством, он манипулирует своими столбцами цифр. Он пробует одно решение за другим. В каждом он узнает что-то, чего следует избегать; благодаря каждому он получает какой-то свет, который поможет ему в его будущих трудах. Наконец, он начинает видеть гармонию в тех результатах, где раньше был лишь разлад. Постепенно облака рассеиваются, и он с уверенностью, близкой к реальному зрению, различает планету, сверкающую в далеких глубинах космоса. Он встает из-за стола и призывает на помощь астронома-практика; и вот! планета находится в указанном месте. В анналах науки нет такого зрелища, как это. Это было самое триумфальное доказательство закона всемирного тяготения. Ньютоновская теория действительно задолго до этого заняла неприступное положение; но, как будто для того, чтобы выставить ее истинность в самом ярком свете, было совершено это открытие Нептуна.

На мгновение показалось, что французы должны были безраздельно насладиться честью этого великолепного триумфа; и действительно, было бы неуместно, если бы нация, давшая жизнь Лагранжу и Лапласу и развившая великую теорию Ньютона своими бессмертными трудами, удостоилась этого отличия. До момента телескопического открытия планеты доктором Галле в Берлине не было сделано публичного объявления ни о трудах Чаллиса по поиску планеты, ни даже о теоретических исследованиях Адамса, на которых были основаны эти наблюдения. Но в разгар триумфальных криков, которыми восторженная французская нация приветствовала открытие Леверье, в *"Атенеуме"* от 3 октября 1846 года появилось письмо сэра Джона Гершеля, в котором он сообщил об исследованиях, проведенных Адамсом, и потребовал от него участия в славе открытия. Последующее расследование показало, что это утверждение было справедливым, и теперь оно повсеместно признано всеми независимыми властями. И все же легко представить, что французские ученые, ревниво относившиеся к славе своего соотечественника, поначалу не могли согласиться с таким утверждением. Их попросили разделить беспрецедентную честь между их собственным прославленным соотечественником и молодым иностранцем, о

котором мало кто когда-либо слышал, и который даже не опубликовал ни строчки из своей работы, и с его стороны не было предъявлено никаких претензий до тех пор, пока работа не была полностью завершена Леверье. Требование, выдвинутое от имени Адамса, соответственно, не получило какого-либо признания во Франции; и следствием этого стали ожесточенные споры. Пункт за пунктом английским астрономам удалось подтвердить притязания своего соотечественника. Это правда, что Адамс не опубликовал свои исследования на весь мир, но он сообщил о них Королевскому астроному, официальному руководителю науки в этой стране. Они также были хорошо известны профессору Чаллису, профессору астрономии в Кембридже. Тогда же была опубликована работа Адамса, и было установлено, что она столь же тщательна и столь же успешна, как работа Леверье. Было также обнаружено, что метод поиска, принятый профессором Чаллисом, не только должен был в конечном итоге оказаться успешным, но и что на самом деле он в некотором смысле уже был успешным. Когда телескопическое обнаружение планеты было завершено, Чаллис, естественно, обернулся, чтобы посмотреть, наблюдал ли он также и новый глобус. Именно 1 октября он услышал об успехе доктора Галле, и к тому времени Чаллис накопил наблюдения в связи с этим исследованием не менее 3150 звезд. Среди них он быстро обнаружил, что объект, наблюдавшийся 12 августа, не находился в том же месте 30 июля. Это действительно была планета; и таким образом, ее открытие было быобеспечено, если бы у Чаллиса было время сравнить свои измерения. На самом деле, если бы он только сразу рассказал о своих наблюдениях, не может быть особых сомнений в том, что вся слава открытия досталась бы Адамсу. Тогда он был бы первым не только в теоретических расчетах, но и в оптическом подтверждении существования планеты. Можно также отметить, что Чаллис едва не совершил открытия Нептуна другим способом. Леверье указал в своей статье на возможность обнаружения искомого шара по его диску. Чаллис предпринял эту попытку, и до того, как до него дошли сведения о фактической находке в Берлине, он провел обследование региона, указанного Леверье. Около 300 звезд прошли через поле зрения, и среди них он выбрал одну из-за ее диска; впоследствии оказалось, что это действительно была планета.

Если бы исследования Леверье и Адамса никогда не предпринимались, несомненно, что далекий Нептун был бы когда-нибудь открыт; однако это могло быть сделано способом, о котором теперь сожалел бы каждый истинный любитель науки. Мы постоянно слышим о том, что наблюдаются новые малые планеты, но никто не придает этим достижениям ни малейшего значения тому, что имело открытие Нептуна. Опасность заключалась в том, что на Нептун следовало просто высадиться в ходе простых исследовательских работ, точно так же, как был открыт Уран, или точно так же, как сейчас обнаружено множество малых планет. В этом случае Теоретическая астрономия, великая наука, основанная Ньютоном, была бы лишена своей самой блестящей иллюстрации.

На самом деле, по крайней мере, в одном предыдущем случае Нептун был обнаружен очень простым способом, и у него был очень небольшой шанс спастись. Это было показано, когда было собрано достаточное количество наблюдений, позволяющих рассчитать траекторию движения планеты. Тогда стало возможным проследить движение планеты среди звезд и, таким образом, начать поиск в каталогах более ранних астрономов, чтобы выяснить, нет ли в них каких-либо упоминаний о Нептуне, ошибочно отмеченном как звезда. Было обнаружено несколько таких примеров. Я, однако, упомяну только один, представляющий особый интерес. Было обнаружено, что местоположение планеты 10 мая 1795 года, должно быть, совпадало с местоположением так называемой звезды, зарегистрированной в тот день в "Истории Селеста" Лаланда. При фактическом изучении неба далее выяснилось, что в месте, указанном Лаландом, не было звезды, так что тот факт, что здесь действительно наблюдался

Нептун, не вызывал никаких сомнений. Когда была сделана ссылка на оригинальные рукописи Лаланда, был выявлен вопрос, представляющий большой интерес. Там было обнаружено, что он наблюдал одну и ту же звезду (ибо так он ее считал) как 8, так и 10 мая; в каждый день он определял ее положение, и оба наблюдения должным образом зарегистрированы. Но когда он приступил к подготовке своего каталога и обнаружил, что места в двух случаях были разными, он отказался от предыдущего результата и просто напечатал последний.

Если бы Лаланд обладал должной уверенностью в своих собственных наблюдениях, бессмертное открытие было бы у него в руках; если бы он мужественно сказал: "Я был прав 10 мая, и я был прав 8 мая; я не ошибся ни в том, ни в другом случае, и объект, который я видел 8-го, должно быть, перемещался между этим и 10-м", - тогда он непременно нашел бы Нептун. Но если бы он это сделал, какой прискорбной была бы потеря для науки! Открытие Нептуна было бы тогда просто случайной наградой кропотливому работнику, вместо того чтобы быть одним из самых славных достижений в самой возвышенной области человеческого разума.

Помимо этого краткого очерка открытия Нептуна, нам мало что можно рассказать об этой далекой планете. Если мы не видим в Уране ни одной из тех особенностей, которые делают Марс или Венеру, Юпитер или Сатурн такими привлекательными объектами для телескопа, то что мы можем ожидать найти в Нептуне, который вдвое дальше Урана? С помощью хорошего телескопа и подходящего увеличения мы действительно можем увидеть, что у Нептуна есть диск, но никаких особенностей на этом диске идентифицировать невозможно. Следовательно, мы не в состоянии установить период, за который Нептун вращается вокруг своей оси, хотя, исходя из общей аналогии системы, мы должны быть уверены, что она действительно вращается. Более успешными были попытки измерить диаметр Нептуна, который, как оказалось, составляет около 35 000 миль, или более чем в четыре раза превышает диаметр Земли. Казалось бы также, что, подобно Юпитеру и Сатурну, планета должна быть окутана обширной, насыщенной облаками атмосферой, поскольку средняя плотность земного шара составляет лишь примерно одну пятую от земной. Этот огромный шар вращается вокруг Солнца на среднем расстоянии не менее 2800 миллионов миль, что примерно в тридцать раз больше среднего расстояния от земли до солнца. Путешествие, хотя и совершается со скоростью более трех миль в секунду, все же настолько длительное, что Нептуну требуется почти 165 лет, чтобы совершить один оборот. С момента своего открытия, около пятидесяти лет назад, Нептун прошел примерно треть своего пути, и даже с того момента, когда его впервые случайно увидел Лаланд, в 1795 году, у него было время пройти только три пятых своего огромного круга.

Нептун, как и наша земля, имеет единственный спутник; этот хрупкий объект был обнаружен мистером Ласселлом с помощью его двухфутового телескопа-рефлектора вскоре после того, как стала известна сама планета. Движение спутника Нептуна является почти круговым. Его орбита наклонена под углом около 35° к Эклиптике, и особенно примечательно, что, как и у спутников Урана, направление движения противоречит движению планет в целом. Спутник совершает свое путешествие вокруг Нептуна за период чуть менее шести дней. Наблюдая за движением этой луны, мы можем определить массу планеты, и, таким образом, оказывается, что вес Нептуна составляет примерно одну девятнадцатитысячную часть массы Солнца.

Никаких планет за пределами Нептуна замечено не было, и в настоящее время нет никаких веских оснований верить в их существование как визуальных объектов. В главе, посвященной малым планетам, я приступил к обсуждению способа обнаружения этих объектов. Эти тела выявляются путем тщательного сравнения небесных сводов со сложными

звездными картами. Такие исследования были бы столь же эффективны при поиске ультранептуновой планеты; фактически, мы не могли бы разработать лучшего метода поиска такого тела, если бы оно существовало, чем тот, который в настоящее время постоянно применяется во многих обсерваториях. Труды тех, кто занимается поиском малых планет, были щедро вознаграждены открытиями, которые сейчас исчисляются сотнями. Однако примечателен тот факт, что все эти планеты ограничены одним регионом Солнечной системы. Иногда высказывались предположения, что со временем могут проявиться возмущения на орбите Нептуна, и что эти возмущения могут привести к открытию планеты, еще более удаленной, даже если эта планета настолько удалена и настолько слаба, что не поддается никаким телескопическим исследованиям. Однако в настоящее время такая задача едва ли может быть решена с помощью практической астрономии. Его движения, без сомнения, были тщательно изучены, но он должен описать большую часть своей орбиты, прежде чем по отклонениям его траектории можно будет сделать вывод о существовании неизвестной и еще более удаленной планеты.

Таким образом, мы увидели, что планетная система ограничена с одной стороны Меркурием, а с другой - Нептуном. Открытие Меркурия было достижением доисторических времен. Первый астроном, совершивший этот подвиг, будучи лишенным инструментальной помощи и не подкрепленный точными теоретическими знаниями, заслуживает нашего искреннего восхищения его необразованной проницательностью. С другой стороны, открытие внешней границы планетной системы заслуживает особого внимания из-за того факта, что оно было основано исключительно на глубоких теоретических знаниях.

Хотя на этом мы заканчиваем наш рассказ о планетах и их спутниках, нам нужно добавить еще две главы, прежде чем мы завершим то, что следует сказать о Солнечной системе. Другой и примечательный класс тел, не являющихся ни планетами, ни спутниками, принадлежат солнцу и вращаются вокруг него в соответствии с законами всемирного тяготения. Этими телами являются кометы и их несколько более скромные спутники - падающие звезды. При изучении этих объектов мы обнаруживаем множество интересных вопросов, которые обсудим в следующих главах.

ГЛАВА XVI.

КОМЕТЫ.

Отличие комет от планет как в природе, так и в их движении—Комета Когджи—Периодические возвращения—Закон всемирного тяготения—Параболические и эллиптические орбиты—Теория, опережающая наблюдения—Большинство кометных орбит в значительной степени параболические—Труды Галлея—Комета 1682 года—Памятное предсказание Галлея—Замедление, вызванное возмущением—Последовательные возвращения кометы Галлея—Комета Энке—Эффект возмущений—Орбита кометы Энке—Притяжение Меркурия и Юпитера—Как идентификация кометы комета в безопасности—Как взвесить Меркурий—Расстояние от Земли до Солнца, определенное кометой Энке—Возмущающая среда—Замечательные кометы—Спектр кометы—Прохождение кометы между Землей и Звездами—Можно ли взвесить комету?—Доказательства малой массы кометы, полученные из Теории возмущений—Хвост кометы—Его изменения—Взгляды на его природу—Углерод, присутствующий в кометах—Происхождение периодических комет.

В наших предыдущих главах, где говорилось о солнце и луне, планетах и их спутниках, мы обнаружили, что во всех случаях небесные тела, о которых мы говорили, имели форму, близкую к шаровидной, и многие из них, несомненно, состоят из твердого вещества. Все эти объекты обладают плотностью, которая, даже если в некоторых случаях она намного меньше плотности земли, все равно в сотни раз превышает плотность просто газообразных материалов. Однако теперь мы подходим к рассмотрению класса объектов совершенно иного характера. Нам больше не приходится иметь дело с шаровидными объектами, обладающими значительной массой. Кометы имеют совершенно неправильную форму; во всяком случае, они по большей части состоят из материалов в предельно разреженном состоянии, а их массы настолько малы, что никакие имеющиеся у нас средства не позволили их измерить. Кометы не только отличаются по строению от планет или других более твердых тел нашей системы, но и движения таких тел совершенно отличаются от упорядоченного возвращения планет в назначенные им сезоны. Кометы появляются иногда почти с поразительной неожиданностью; они быстро увеличиваются в размерах до такой степени, что в суеверные века вызывали величайший ужас; вскоре они исчезают, во многих случаях никогда больше не появляясь. Современная наука, без сомнения, сняла большую часть тайны, которая когда-то окружала всю тему комет. Их передвижения теперь в значительной степени объяснены, и некоторые дополнения были внесены в наши знания об их природе, хотя мы все же должны признать, что то, что мы знаем, составляет лишь очень малую долю от того, что остается неизвестным.

Позвольте мне сначала в общих чертах описать природу кометы, поскольку ее структура раскрывается с помощью мощного телескопа-рефрактора. Мы изображены на [табличке XII](#). два интересных наброска большой кометы 1874 года, сделанного в обсерватории Гарвардского колледжа и отмеченного именем ее первооткрывателя Когджи.

Мы видим здесь головку кометы, содержащую в качестве своего самого яркого пятна то, что называется ядром, и в котором вещество кометы кажется намного более плотным, чем в других местах. Вокруг ядра мы находим определенные слои светящегося материала, кому, или головку, диаметром от 20 000 до 1 000 000 миль, от которой, кажется, отходит хвост. Этот вид можно рассматривать как вид типичного объекта этого класса, но разновидности структуры, представленные различными кометами, почти неисчислимы. В некоторых случаях мы обнаруживаем отсутствие ядра; в других случаях мы обнаруживаем отсутствие хвоста. Хвост, без сомнения, является заметной особенностью тех крупных комет, которые привлекают всеобщее внимание; но у небольших телескопических объектов, которых обычно находят несколько каждый год, эта особенность обычно отсутствует. Кометы не только очень разнообразны по внешнему виду, но даже внешний вид отдельного объекта претерпевает значительные изменения. Комета иногда будет чрезвычайно увеличиваться в объеме; иногда она будет уменьшаться; иногда у нее будет большой хвост, а иногда и вовсе его не будет. Измерения размера кометы почти бесполезны; они могут перестать соответствовать действительности даже в течение нескольких часов, в течение которых комету наблюдают в течение ночи. Фактически, невозможно идентифицировать комету по какому-либо описанию ее внешнего вида. Тем не менее, вопрос об идентичности кометы часто имеет очень большое значение. Мы должны предоставить средства, с помощью которых это можно было бы установить, совершенно независимо от того, как может выглядеть комета.

Теперь хорошо известно, что некоторые из этих тел периодически возвращаются. После того, как комета оставалась невидимой в течение определенного количества лет, она появляется в поле зрения и снова удаляется в космос, чтобы совершить еще один оборот.

Тогда возникает вопрос о том, как нам распознать тело, когда оно действительно вернется? Личные особенности его размера или яркости, наличие или отсутствие хвоста, большого или маленького, являются мимолетными признаками, не имеющими ценности для такой цели. К счастью, однако, закон эллиптического движения, установленный Кеплером, предложил способ определения принадлежности кометы с абсолютной точностью.

После того, как Ньютон сделал свое открытие закона всемирного тяготения и преуспел в демонстрации того, что эллиптические траектории планет вокруг Солнца являются необходимыми следствиями этого закона, у него, естественно, возникло искушение применить те же рассуждения для объяснения движения комет. Здесь он снова добился поразительного успеха и проиллюстрировал свою теорию, полностью объяснив движения замечательного тела, которое было видно с декабря 1680 по март 1681 года.

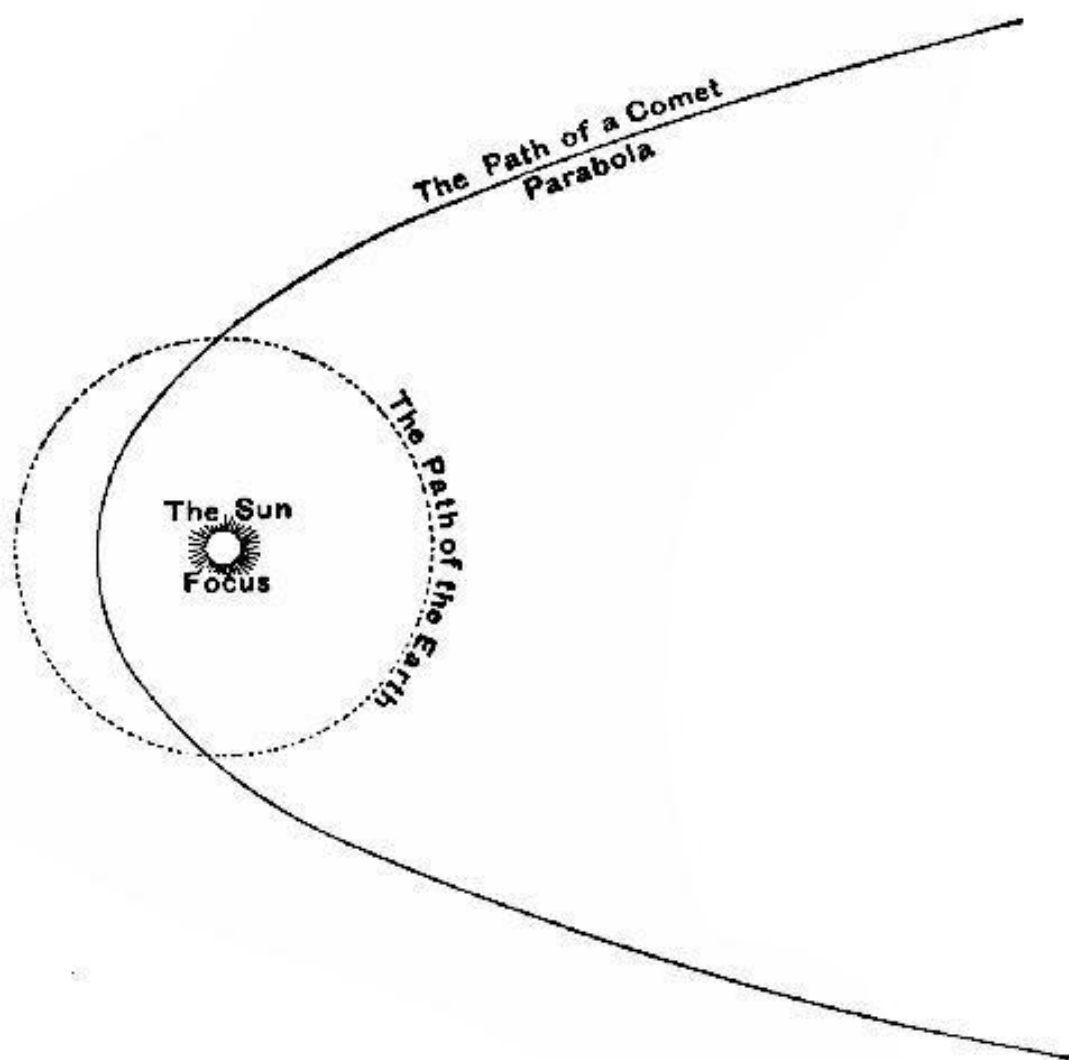


Рис. 69.

Параболическая траектория кометы.

Существует некая красивая кривая, известная геометрам под названием парабола. Его форма показана на соседнем рисунке; это изогнутая линия, которая изгибается по направлению к определенной точке, известной как фокус, и вокруг нее. Это не было бы поводом для каких-либо намеков на геометрические свойства этой кривой; их следует искать в работах по математике. Здесь будет необходимо только указать на связь, которая

существует между параболой и эллипсом. В предыдущей главе мы объяснили построение последней кривой и показали, что она имеет два фокуса. Предположим, что нарисована серия эллипсов, каждый из которых имеет большее расстояние между фокусами, чем предыдущий. Представьте, что процесс продолжается до тех пор, пока, наконец, расстояние между фокусами не станет чрезвычайно большим по сравнению с расстоянием от каждого фокуса до кривой, тогда каждый конец этого длинного эллипса будет практически иметь ту же форму, что и парабола. Таким образом, мы можем рассматривать последнюю кривую, представленную на рис. 69, как один конец эллипса, другой конец которого находится на бесконечно большом расстоянии. В 1681 году Дерфель, священник из Саксонии, доказал, что недавно наблюдавшаяся тогда большая комета двигалась по параболе, в фокусе которой находилось солнце. Ньютон показал, что закон всемирного тяготения позволяет телу двигаться по эллипсу этого очень экстремального типа не менее, чем в одном из наиболее обычных соотношений. Объект, вращающийся по параболической орбите вокруг солнца в фокусе, постепенно приближается к солнцу, облетает великое светило, а затем начинает удаляться. Существует необходимое различие между параболическим и эллиптическим движением. В последнем случае тело, отступив на определенное расстояние, развернется и снова приблизится к Солнцу; фактически, оно должно совершать периодические обращения по своей орбите, как это делают планеты. Но в случае истинной параболы тело никогда не сможет вернуться; для этого ему пришлось бы удвоить удаленный фокус, а поскольку он бесконечно удален, его можно достичь только по прошествии бесконечного времени.

Таким образом можно описать характерную черту движения по параболе. Тело постепенно приближается к фокусу с бесконечно удаленного расстояния с одной стороны, и после прохождения фокуса постепенно удаляется на бесконечно удаленное расстояние с другой стороны, чтобы никогда больше не возвращаться. Когда Ньютон понял, что параболическое движение такого типа может быть вызвано законом всемирного тяготения, ему сразу же пришло в голову (независимо от открытия Дерфеля, о котором он не знал), что с его помощью можно объяснить движение кометы. Он знал, что кометы, должно быть, притягиваются солнцем; он видел, что обычный путь кометы - появиться внезапно, пронестись вокруг солнца, а затем отступить и больше никогда не возвращаться. Действительно ли это был случай параболического движения? К счастью, материалы для проверки этого важного предположения были у него под рукой. Он смог воспользоваться известными данными о движении кометы 1680 года и наблюдениями за несколькими другими телами той же природы, которые были собраны благодаря усердию астрономов. Со свойственной ему проницательностью Ньютон разработал метод, с помощью которого на основе известных фактов можно было определить путь, по которому движется комета. Он обнаружил, что это парабола и что скорость кометы определяется законом, согласно которому прямая линия от солнца до кометы проходит по равным участкам за равное время. Это было еще одно подтверждение закона всемирного тяготения. В данном случае, действительно, можно сказать, что теория фактически опередила расчеты. Кеплер установил на основе наблюдений, что траектории планет представляют собой эллипсы, а Ньютон показал, как этот факт является следствием закона всемирного тяготения. Но в случае с кометами их крайне неустойчивые орбиты никогда не приводились к геометрической форме, пока теория Ньютона не показала ему, что они параболические, и тогда он обратился к наблюдениям, чтобы подтвердить предположения своей теории.

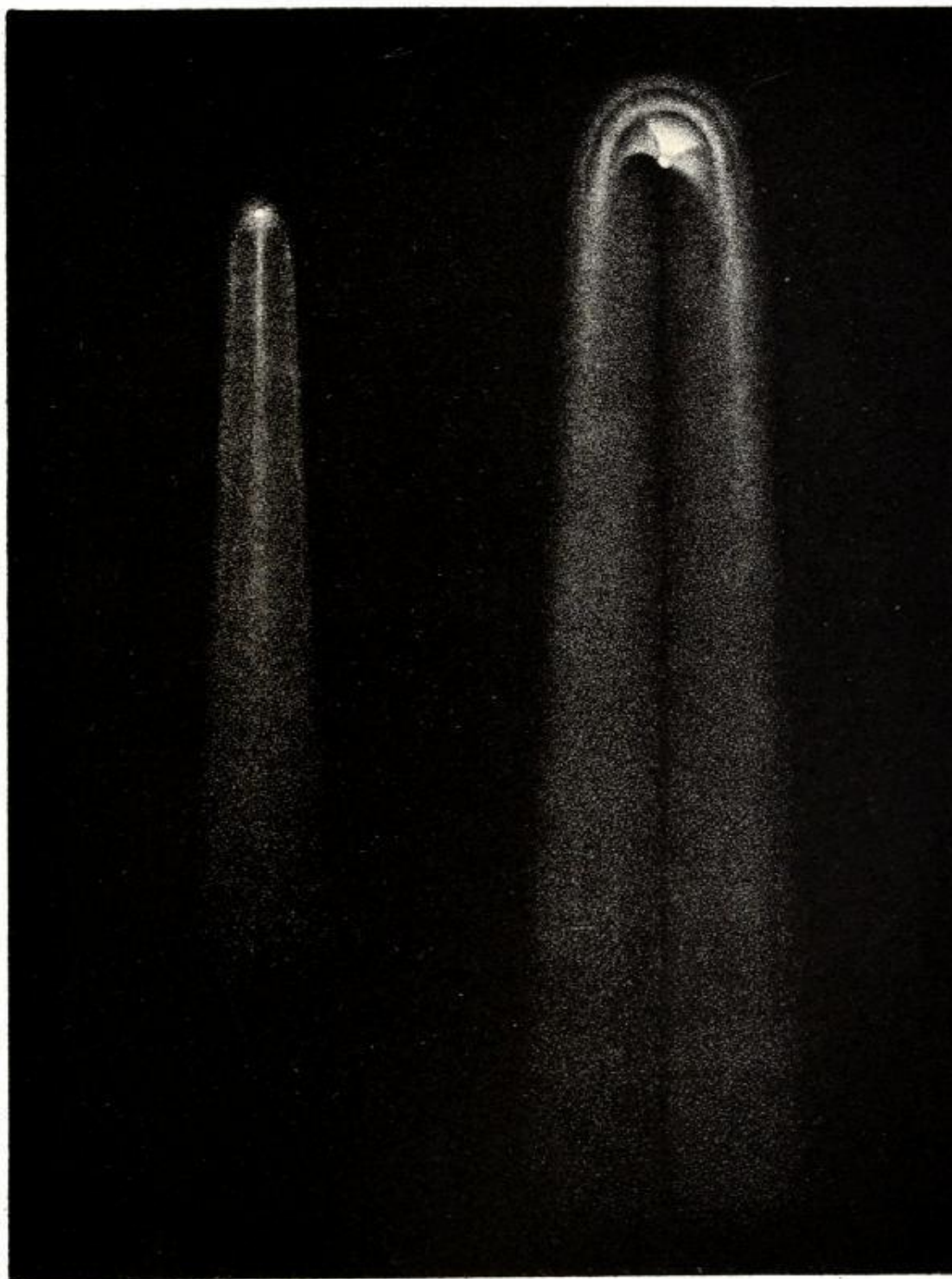


ФОТО XII.

КОМЕТА КОГДЖИ.
(КАК ВИДНО 10 июня И 9 июля 1874 г.)

Подавляющее большинство комет движется по орбитам, которые невозможно четко отличить от парабол, и любое тело, орбита которого имеет такой характер, можно увидеть только с одного появления. Теория тяготения, хотя и допускает параболу в качестве возможной орбиты кометы, не утверждает, что траектория обязательно должна быть такого типа. Мы указывали, что эта кривая представляет собой лишь очень экстремальный тип эллипса, и все равно движение кометы по траектории любой эллиптической формы полностью соответствовало бы закону всемирного тяготения при условии, что солнце

находится в фокусе и что комета подчиняется правилу описывать равные площади за одинаковое время. Если тело движется по эллиптической траектории, то оно снова вернется к солнцу, и, следовательно, нас будет периодически посещать один и тот же объект.

Здесь перед астрономом открылась интересная область исследования. И вскоре было сделано открытие периодической кометы, которое поразительным образом проиллюстрировало обоснованность только что высказанного предположения. Имя знаменитого астронома Галлея, пожалуй, наиболее известно благодаря его связи с большой кометой, периодичность которой была обнаружена с помощью его расчетов. Когда Галлей узнал из ньютоновской теории о возможности того, что комета может двигаться по эллиптической орбите, он предпринял самое кропотливое исследование; он собрал из различных записей о наблюдаемых кометах все достоверные подробности, которые только можно было получить, и таким образом получил возможность установить с приемлемой точностью характер траекторий, по которым движутся около двадцати четырех крупных комет. Одним из них было огромное тело 1682 года, которое наблюдал сам Галлей и траекторию которого он вычислил в соответствии с принципами Ньютона. Затем Галлей продолжил исследовать, могла ли эта комета 1682 года посетить нашу систему в какую-либо предшествующую эпоху. Чтобы ответить на этот вопрос, он обратился к списку зарегистрированных комет, который он так тщательно составил, и обнаружил, что его комета очень похожа как по внешнему виду, так и по орбите на комету, наблюдавшуюся в 1607 году, а также на другую, наблюдавшуюся в 1531 году. Могли ли эти три тела быть идентичными? Нужно было только предположить, что комета, вместо того чтобы вращаться по параболической орбите, на самом деле вращается по чрезвычайно вытянутому эллипсу и что каждый оборот она завершает примерно за семьдесят пять или семьдесят шесть лет. Он подвергал эту гипотезу всем возможным испытаниям, какие только мог придумать; он обнаружил, что орбиты, определенные в каждом из трех случаев, были настолько почти идентичны, что всякая вероятность того, что совпадение должно быть случайным, противоречила бы всякой вероятности. Соответственно, он решил подвергнуть свою теорию самой строгой проверке, известной астрономии. Он отважился сделать предсказание, которое потомки будут иметь возможность проверить. Если период обращения кометы составлял семьдесят пять или семьдесят шесть лет, как, по-видимому, показывали предыдущие наблюдения, то Галлей подсчитал, что, если ее не потревожить, она должна вернуться в 1757 или 1758 году. Однако существовали определенные источники возмущения, на которые он указал и которые были бы достаточно мощными, чтобы существенно повлиять на время возвращения. Комета в своем путешествии проходит вблизи пути Юпитера и испытывает сильные возмущения от этой могущественной планеты. Галлей пришел к выводу, что ожидаемое возвращение может быть соответственно отложено до конца 1758 или начала 1759 года.

Это предсказание стало памятным событием в истории астрономии, поскольку это была первая попытка предсказать появление одного из тех таинственных тел, визиты которых, казалось, не подчинялись никакому установленному закону и которые обычно рассматривались как предзнаменования ужасного значения. Галлей почувствовал важность своего заявления. Он знал, что свой земной путь комета проделает задолго до того, как завершит свой оборот; и языком, почти трогательным, великий астроном пишет: "Поэтому, если она вернется согласно нашему предсказанию примерно в 1758 году, беспристрастные потомки не откажутся признать, что впервые это было обнаружено англичанином".

По мере приближения времени, когда ожидалось это великое событие, оно пробудило живейший интерес среди астрономов. Выдающийся математик Клеро взялся заново, с

помощью усовершенствованных методов, вычислить эффект, который будет оказан на комету притяжением планет. Его анализа возмущений было достаточно, чтобы показать, что Сатурн будет удерживать объект в течение 100 дней, а Юпитер - в течение 518 дней. Поэтому он придал некоторую дополнительную точность предсказанию Галлея и, наконец, пришел к выводу, что эта комета достигнет перигелия, или точки своего пути, ближайшей к Солнцу, примерно в середине апреля 1759 года. Проницательный астроном (который, как мы должны помнить, жил задолго до открытия Урана и Нептуна) далее добавляет, что поскольку это тело удаляется так далеко, оно, возможно, подвержено влияниям, о которых мы не знаем, или возмущениям даже какой-нибудь планеты, слишком удаленной, чтобы ее когда-либо можно было заметить. Он, соответственно, прокомментировал свой прогноз утверждением, что из-за этих неизвестных возможностей его расчеты могут оказаться на месяц невернее в ту или иную сторону. Клеро сделал это памятное сообщение в Академии наук 14 ноября 1758 года. Внимание астрономов было немедленно приковано к тому, чтобы узнать, собирается ли посетитель, который в последний раз появлялся семьдесят шесть лет назад, вернуться. Ночь за ночью сканировалось небо. На Рождество 1758 года комета была впервые обнаружена, и она прошла ближе всего к Солнцу около полуночи 12 марта, всего на месяц раньше времени, объявленного Клеро, но все еще в пределах погрешности, которую он считал возможной.

Проверка этого предсказания стала еще одним подтверждением теории тяготения. С тех пор комета Галлея вернулась еще раз, в 1835 году, при обстоятельствах, несколько похожих на только что описанные. Дальнейшие исторические исследования также позволили идентифицировать комету Галлея с многочисленными памятными появлениями комет в прежние времена. Было даже показано, что великолепный объект, появившийся за одиннадцать лет до начала христианской эры, был всего лишь кометой Галлея во время одного из ее прежних возвращений. Одним из самых знаменитых посещений этого тела было посещение 1066 года, когда явление привлекло всеобщее внимание. Изображение кометы по этому случаю является причудливой деталью гобелена из Байе. Следующее возвращение кометы Галлея ожидается примерно в 1910 году.

В настоящее время известно несколько комет, которые вращаются по эллиптическим траекториям и, соответственно, имеют право называться периодическими. Эти объекты в основном телескопические и, таким образом, резко контрастируют с великолепной кометой Галлея. У большинства других периодических комет периоды намного короче, чем у Галлея. Из этих объектов, безусловно, самым известным является так называемая комета Энке, которая заслуживает нашего пристального внимания.

Объект, о котором мы говорим, прошел поразительную карьеру, в течение которой он предоставил множество иллюстраций закона всемирного тяготения. Нас здесь не интересует прозаическая рутина простой планетной орбиты. Планета в основном подчинена непреодолимому влиянию притяжения Солнца. На нее также в некоторой степени влияет притяжение, которое она испытывает от других планет. Математики уже давно привыкли предвидеть движение этих планет путем реальных расчетов. Они знают, как местоположение планеты приблизительно определяется притяжением Солнца, и они могут различать различные корректировки, которые это место должно получить в результате возмущений, производимых другими планетами. Способность планет создавать возмущения значительно возрастает, когда возмущенное тело следует по эксцентрической траектории кометы. Часто обнаруживается, что траектория такого тела проходит очень близко к траектории движения планеты, так что комета может фактически пронестись мимо самой планеты, даже если два тела на самом деле не столкнутся. В таком случае возмущающий эффект чрезвычайно

усиливается, и поэтому мы обращаемся к кометам, когда хотим проиллюстрировать теорию планетарных возмущений каким-нибудь поразительным примером.

После того, как мы решили выбрать комету, возникает следующий вопрос: *какая комета?* Здесь не может быть много места для колебаний. Те великолепные кометы, которые появляются так капризно, могут быть сразу исключены. Это гости, которые, по-видимому, приходят впервые и удаляются без какого-либо четкого обещания, что человечество когда-нибудь увидит их снова. Комета такого рода движется по параболической траектории, облетает один раз вокруг солнца и оттуда удаляется в то пространство, откуда она появилась. Мы не можем полностью изучить влияние возмущений на комету, пока не будем наблюдать за ней во время последовательных возвращений к солнцу. Таким образом, наш выбор ограничен сравнительно небольшим классом объектов k , известных как периодические кометы; и из обзора всей группы мы выбираем наиболее подходящие для нашей цели. Этот объект широко известен как комета Энке, поскольку, хотя Энке и не был первооткрывателем, все же именно его расчетам комета обязана своей известностью. Этот орган стал более подходящим для нашей цели благодаря исследованиям, которые он недавно дал начало.

В 1818 году кропотливый астроном Понс в Марселе открыл комету. Мы не должны воображать, что это тело представляло собой великолепное зрелище. Это был небольшой телескопический объект, мало чем отличающийся от одной из тех тусклых туманностей, которые тысячами рассеяны по небу. Однако комету легко отличить от туманности по ее движению относительно звезд, в то время как туманность остается в состоянии покоя на протяжении столетий. Положение этой кометы было установлено ее первооткрывателем, а также другими астрономами. Энке установил из наблюдений, что комета возвращается к Солнцу раз в три года и несколько месяцев. Это было ошеломляющее заявление. В то время не было обнаружено ни одной другой кометы с коротким периодом, так что это новое дополнение к солнечной системе вызвало живейший интерес. Немедленно был поднят вопрос о том, не наблюдалась ли эта комета, которая вращалась так часто, во время предыдущих возвращений. Исторические записи о появлениях комет исчисляются сотнями, и как среди этого множества мы можем выбрать те объекты, которые были идентичны комете, открытой Понсом?

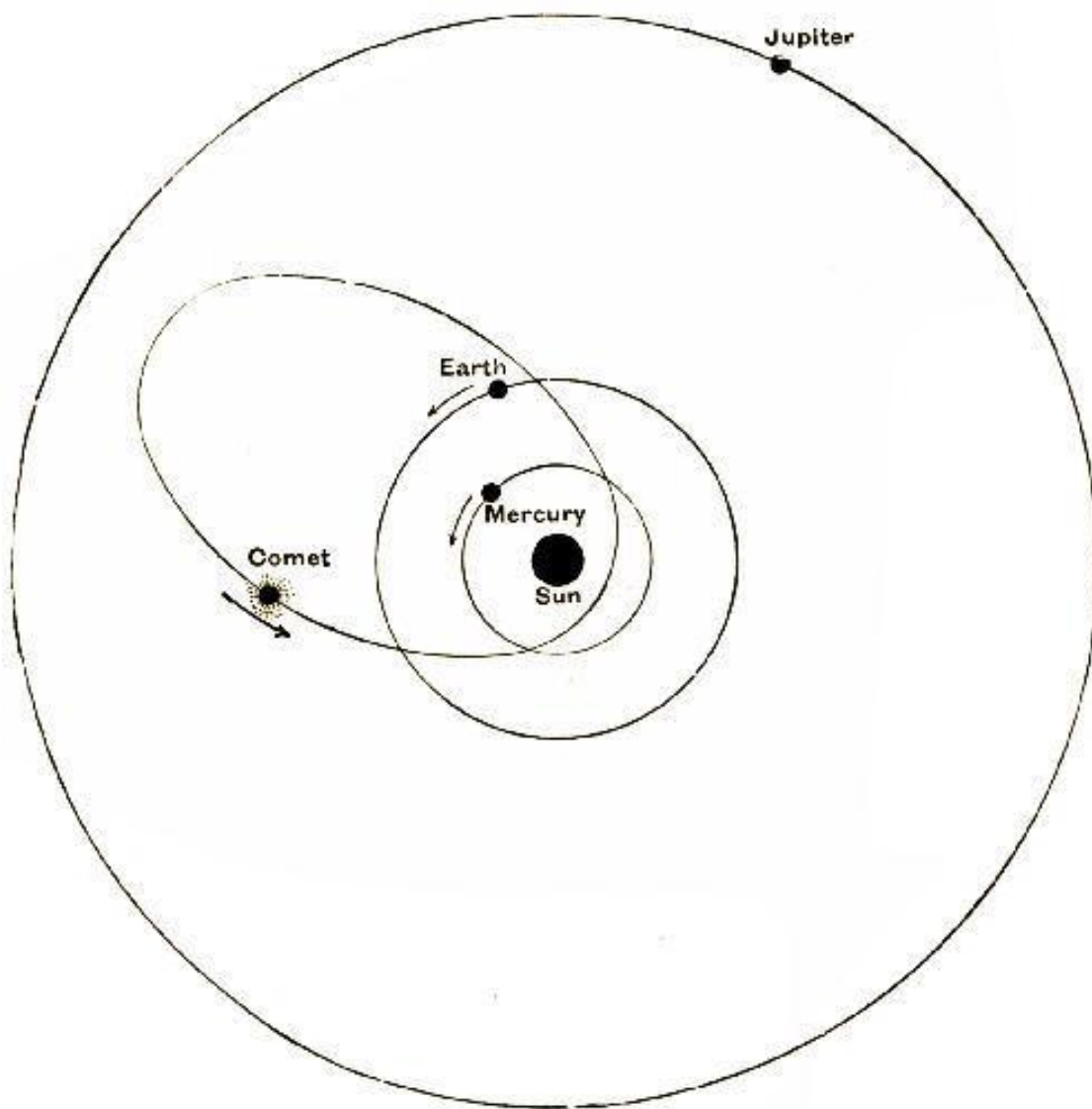


Рис. 70.—

Орбита кометы Энке.

Мы можем сразу отказаться от всякой надежды идентифицировать объект по рисункам, но, к счастью, есть одна особенность кометы, которую мы можем уловить и которую никакие колебания реальной структуры не могут изменить или замаскировать. Путь, по которому тело перемещается в пространстве, не зависит от изменений в его структуре. Форма этого пути и его положение полностью зависят от тех других тел солнечной системы, которые специально задействованы в теории кометы Энке. На рис. 70 показаны орбиты трех планет. Они были выбраны с такими пропорциями, чтобы самая внутренняя представляла орбиту Меркурия; следующая - орбиту Земли, а самая внешняя - орбиту Юпитера. Помимо этих трех, мы видим на рисунке гораздо более эллиптическую траекторию, представляющую орбиту кометы Энке, спроецированную вниз на плоскость движения Земли. Солнце расположено в центре эллипса. Комета вынуждена вращаться по этой кривой из-за притяжения Солнца, и ей требуется чуть более трех лет, чтобы совершить полный оборот. Она проходит близко к Солнцу в перигелии, в точке внутри траектории Меркурия, в то время как на наибольшем расстоянии приближается к траектории Юпитера. Эта эллиптическая орбита в основном определяется притяжением солнца. Независимо от того, весила ли комета унцию, тонну, тысячу тонн или миллион тонн, была ли она нескольких миль или многих тысяч миль в диаметре, орбита все равно оставалась бы той же. Именно по форме этого эллипса, по его фактическому размеру и по положению, в котором он находится, мы идентифицируем

комету. Это наблюдалось в 1786, 1795 и 1805 годах, но в этих случаях не было замечено, чтобы траектория кометы отклонялась от параболы.

Комета Энке обычно настолько слаба, что даже самый мощный телескоп в мире не смог бы обнаружить ее следов. После одного из своих периодических посещений тело удаляется до тех пор, пока не достигнет самой удаленной части своего пути, затем оно поворачивает и снова приближается к солнцу. Казалось бы, солнечные лучи придают ей сил и начинают расширяться под их благотворным влиянием. Двигаясь на этой части своего пути, комета сокращает расстояние до земли. Оно с каждым днем становится все ярче, пока, наконец, частично из-за внутреннего увеличения яркости, а частично из-за уменьшения расстояния до земли, не окажется в пределах досягаемости наших телескопов. Как правило, мы можем предвидеть, когда это произойдет, и можем сказать, в какую точку небес следует направить телескоп, чтобы разглядеть комету при ее следующем возвращении в перигелий. Комета не может ускользнуть от математика. Он может сказать, когда и где комету следует найти, но никто не может сказать, на что это будет похоже.

Если бы все остальные тела системы были удалены, то путь кометы Энке должен был бы всегда проходить по одному и тому же эллипсу и с абсолютной регулярностью. Главный интерес для нашей настоящей цели заключается не в регулярности его пути, а в *неправильностях*, вносимых в этот путь присутствием других тел солнечной системы. Давайте, например, проследим за продвижением кометы через ее перигелийный проходе, в котором траектория проходит рядом с траекторией планеты Меркурий. Обычно бывает так, что Меркурий находится на отдаленной части своего пути в момент прохождения кометы, и влияние планеты тогда будет сравнительно небольшим. Однако иногда может случиться так, что планета и комета приблизятся друг к другу. Один из самых интересных случаев сближения с Меркурием произошел 22 ноября 1848 года. В тот день комету и планету разделяло расстояние примерно в одну тридцатую расстояния Земли от солнца, *то есть* около 3 000 000 миль. В нескольких других случаях расстояние между кометой Энке и Меркурием составляло менее 10 000 000 миль — величина незначительная по сравнению с размерами нашей системы. Сближение на столь близкое расстояние чревато серьезными последствиями для движения кометы. Меркурий, хотя и небольшое тело, все же достаточно массивен. Она всегда притягивает комету, но эффективность этого притяжения чрезвычайно возрастает, когда комета в своих странствиях приближается к планете. Эффект этого притяжения заключается в том, что комета отклоняется от своего пути и вносит определенные изменения в ее скорость. По мере удаления кометы возмущающее влияние Меркурия быстро ослабевает и вскоре становится незаметным. Но время не может стереть с орбиты кометы эффект, который на самом деле произвело возмущение Меркурия. Нарушенная орбита отличается от невозмущенного эллипса, который занимала бы комета, если бы ее форму определяло только влияние солнца. Мы можем рассчитать движение кометы так, как оно определяется солнцем. Мы также можем рассчитать эффекты, возникающие в результате возмущения, производимого Рутью, при условии, что нам известна масса последней.

Хотя Меркурий - одна из самых маленьких планет, он, пожалуй, доставляет астроному больше всего хлопот. Она расположена так близко к Солнцу, что ее можно увидеть, но редко по сравнению с другими крупными планетами. Ее орбита очень эксцентрична, и она испытывает возмущения из-за притяжения других тел, которые еще не до конца изучены. Особая трудность также была обнаружена при попытке поместить ртуть на весы. Мы можем взвесить всю землю, мы можем взвесить солнце, Луну и даже Юпитер и другие планеты, но Меркурий представляет трудности особого характера. Леверье, однако, преуспел в

разработке метода его взвешивания. Он продемонстрировал, что наша земля притягивается этой планетой, и он показал, как величина притяжения может быть выявлена с помощью наблюдений за Солнцем, так что на основе анализа наблюдений он сделал приблизительное определение массы Меркурия. Результат Леверье показал, что вес планеты составлял примерно четырнадцатую часть веса земли. Другими словами, если бы нашу землю поместили на весы и четырнадцать глобусов, каждый из которых равен Меркурию, положили на другой, чаши весов висели бы равномерно. Было необходимо, чтобы этот результат был получен с большой осторожностью. Это зависело от тонкой интерпретации несколько ненадежных измерений. Его можно было рассматривать только как имеющее предварительную ценность, от которого следовало отказаться, когда будет получена лучшая.

Приближение кометы Энке к Меркурию и подробные исследования Фон Астена и Баклунда, в которых обсуждались наблюдения этого тела, пролили много света на этот предмет; но из-за особенности движения этой кометы, о которой мы сейчас упомянем, трудности этого исследования огромны. Последний результат Баклунда заключается в том, что солнце в 9700000 раз тяжелее Меркурия, и он считает, что это заслуживает большого доверия. Существует значительная разница между этим результатом (который делает землю примерно в тридцать раз тяжелее Меркурия) и результатом Леверье; и, с другой стороны, Хердтль на основе движения периодической кометы Виннеке нашел значение массы Меркурия, которое не очень отличается от значения Леверье. Однако Меркурий - единственная планета, относительно массы которой существует какая-либо серьезная неопределенность, и это не должно заставлять нас сомневаться в точности этого тонкого весового прибора. Посмотрите на орбиту Юпитера, к которой так близко приближается комета Ченке, удаляясь от солнца. Иногда случается, что Юпитер и комета находятся в непосредственной близости, и тогда могущественная планета серьезно нарушает гибкую орбиту кометы. Путь последнего несет на себе безошибочные следы возмущений Юпитера, а также возмущений Меркурия. Может показаться безнадежной задачей провести различие между влияниями двух планет, поскольку они обе находятся в тени высшего контроля солнца, но ухищрений математического анализа достаточно, чтобы справиться с этой проблемой. Они указывают, сколько приходится на Меркурий, сколько на Юпитер; и таким образом, блуждания кометы Энке могут быть использованы для определения массы как Юпитера, так и Меркурия. Здесь у нас есть средство проверки точности наших весовых приборов. Массу Юпитера можно измерить по его спутникам способом, упомянутым в предыдущей главе. Поскольку спутники вращаются все вокруг и вокруг планеты, они обеспечивают метод измерения ее веса по скорости своего движения. Они говорят нам, что если бы солнце поместили на одну чашу небесных весов, то потребовалось бы 1047 тел, равных весу Юпитера на другой чаше, чтобы сбросить его вниз. В этом определении нет и следа неопределенности, и поэтому представляет большой интерес проверить теорию кометы Энке, посмотрев, дает ли она соответствующий результат. Это сравнение было сделано Фон Астеном. Комета Энке сообщает нам, что солнце в 1050 раз тяжелее Юпитера; таким образом, результаты практически идентичны, и точность показаний кометы подтверждена. Но расчет возмущений кометы Энке настолько сложен, что результат Астена не имеет большой ценности. Изучая движение периодической кометы Виннеке, Хердтль обнаружил, что Солнце в $1047 \cdot 17$ раз тяжелее Юпитера, что в точном соответствии с наилучшими результатами, полученными при изучении притяжения Юпитера к его спутникам и другим планетам.

До сих пор мы обсуждали приключения кометы Энке в тех случаях, когда они проливали свет на вопросы, более или менее известные нам в остальном. Теперь мы подходим к знаменитой проблеме, в которой комета Энке является нашим единственным авторитетом. Каждые 1210

дней эта комета совершает полный оборот по своей орбите и снова возвращается в окрестности Солнца. Движения кометы, однако, несколько нерегулярны. Мы уже объясняли, как возникают возмущения от Меркурия и Юпитера. Дальнейшие возмущения возникают из-за притяжения земли и других оставшихся планет; но все это можно учесть, и тогда мы вправе ожидать, что, если закон всемирного тяготения универсален, комета подчинится математическим расчетам. Комета Энке не оправдала этого ожидания; с каждым оборотом период становится неуклонно короче! Каждый раз комета возвращается в перигелий на два с половиной часа быстрее, чем в предыдущий раз. Два с половиной часа - это, без сомнения, небольшой период по сравнению с периодом полного обращения; но на видимом нам участке своего пути комета движется так быстро, что ее движение за два с половиной часа является значительным. Эту неравномерность нельзя упускать из виду, поскольку она была подтверждена отдачей в течение примерно двадцати оборотов. Иногда считалось, что расхождения могут быть приписаны некоторым планетарным возмущениям, опущенным или не полностью учтенным. Однако мастерский анализ Фон Астена и Баклунда опроверг это объяснение. Они тщательно изучили наблюдения вплоть до 1891 года, но только для того, чтобы подтвердить реальность этого уменьшения периода обращения кометы Энке.

Объяснение этих нарушений было предложено Энке давным-давно. Давайте вкратце попытаемся описать эту запоминающуюся гипотезу. Когда мы говорим, что тело будет двигаться по эллиптической траектории вокруг солнца под действием силы тяжести, всегда предполагается, что тело имеет свободный курс в пространстве. Предполагается, что нет ни трения, ни воздуха, ни других источников возмущения. Но предположим, что это предположение неверно; предположим, что действительно существует некая среда, пронизывающая пространство, которая оказывает сопротивление комете точно так же, как воздух препятствует полету винтовочной пули, какой эффект должна производить такая среда? Именно эту идею выдвинул Энке. Даже если большая часть космоса совершенно пуста, так что путь тонкой и почти духовной кометы не способен испытывать сопротивления, все же предполагалось, что поблизости от солнца может существовать какая-то чрезвычайно разреженная среда, способная воздействовать на столь легкое тело. Можно продемонстрировать, что сопротивляющаяся среда, такая, как мы предполагали, уменьшила бы размер пути кометы и периодическое время. Однако сейчас от этой гипотезы отказались. Всегда казалось странным, что ни одна другая комета не проявляла ни малейших признаков замедления из-за предполагаемого сопротивления среды. Но работы Баклунда теперь неопровержимо доказали, что ускорение движения кометы Энке не является постоянным и не может быть объяснено предположением о постоянной среде, распределенной вокруг солнца, независимо от того, как мы представляем себе структуру этой среды с точки зрения плотности на различных расстояниях от солнца. Баклунд обнаружил, что ускорение было довольно постоянным с 1819 по 1858 год; оно начало уменьшаться между 1858 и 1862 годами и продолжало уменьшаться до некоторого времени между 1868 и 1871 годами, с тех пор оно оставалось довольно постоянным. Он считает, что ускорение может быть вызвано только тем, что комета периодически сталкивается с метеорным роем, и если бы мы могли наблюдать комету только во время ее движения по большей части своей орбиты, мы были бы в состоянии указать место, где происходит это столкновение.

Мы выбрали кометы Галлея и Энке в качестве иллюстраций класса периодических комет, из которых они действительно являются наиболее замечательными представителями. Другой очень примечательной периодической кометой является комета Биелы, о которой мы подробнее расскажем в следующей главе. Из гораздо более многочисленного класса непериодических комет можно привести множество примеров. Мы упомянем несколько, появившихся в течение нынешнего столетия. Во-первых, великолепная комета 1843 года,

которая внезапно появилась в феврале того же года и была настолько яркой, что ее можно было увидеть при полном дневном свете. Эта комета следовала по траектории, которую нельзя было определенно отличить от параболы, хотя нет никаких сомнений в том, что это мог быть очень вытянутый эллипс. Часто бывает невозможно решить вопрос такого рода в течение тех кратких возможностей, которые имеются для определения места нахождения кометы. Мы можем видеть объект только на очень малой дуге его орбиты, и даже тогда это не очень четко определенная точка, которая допускает измерение с точностью, достижимой при наблюдениях звезды или планеты. Эта комета 1843 года, однако, особенно примечательна быстротой, с которой она двигалась, и тем близким сближением, которое она совершила с солнцем. Жар, которому он подвергался во время своего обращения вокруг солнца, должно быть, был намного сильнее, чем тот, который может быть выделен в наших самых мощных печах. Если бы материалами были агат или сердолик, или самые неплавкие вещества, известные на земле, они бы расплавились и превратились в пар под воздействием интенсивности солнечных лучей.

Великая комета 1858 года была одним из самых ярких небесных явлений современности. Впервые ее заметил 2 июня того же года Донати, чье имя впоследствии получила комета; тогда это было всего лишь слабое туманное пятнышко, и около трех месяцев она продолжала свой путь по небу, не подавая никаких признаков того великолепия, которого ей предстояло так скоро достичь. Комета едва стала видна невооруженным глазом в конце августа, и тогда у нее был лишь очень маленький хвост, но по мере того, как в сентябре она постепенно приближалась к солнцу, вскоре она обрела великолепие. Быстро развился хвост величественных пропорций, и к середине октября, когда была достигнута максимальная яркость, его длина простиралась по дуге в сорок градусов. Красота и интерес этой кометы были значительно усилены ее благоприятным положением на небе в то время года, когда ночи были достаточно темными.

22 мая 1881 года мистер Теббатт из Виндзора, что в Новом Южном Уэльсе, обнаружил комету, которая быстро превратилась в один из самых интересных небесных объектов, виденных нынешним поколением. Примерно 22 июня он стал виден с этих широт на северном небе в полночь по восточному времени. Постепенно он поднимался все выше и выше, пока не обогнул полюс. Ядро кометы было таким же ярким, как звезда первой величины, а ее хвост имел длину около 20° . 2 сентября он перестал быть видимым невооруженным глазом, но оставался видимым в телескопы до следующего февраля. Это была первая комета, которая была успешно сфотографирована, и можно отметить, что кометы обладают очень небольшой актинической силой. Было подсчитано, что интенсивность лунного света в 300 000 раз превышает интенсивность света кометы, когда речь идет о фотографировании.

Еще одним из тел этого класса, получившим большое и заслуженное внимание, было то, что было обнаружено в южном полушарии в начале сентября 1882 года. Его яркость настолько возросла, что мистер Коммон увидел его при дневном свете 17 числа того же месяца, в то время как в тот же день астрономам с мыса Доброй Надежды посчастливилось наблюдать, как тело действительно приблизилось к краю Солнца, где оно перестало быть видимым. Мы знаем, что комета, должно быть, прошла между землей и Солнцем, и очень интересно узнать от наблюдателей с Кейптауна, что она была совершенно невидима, когда на самом деле проецировалась на солнечный диск. На следующий день он снова был виден невооруженным глазом при полном дневном свете, недалеко от солнца, и ценные спектроскопические наблюдения были проведены в Дунехте и Палермо. В то время комета неслась по части своей орбиты, ближайшей к солнцу, и примерно неделю спустя ее стали

видеть утром перед восходом солнца, у восточного горизонта, с тонким длинным хвостом. (*Смотри Таблицу XVII.*) Ядро постепенно удлинялось, пока не распалось на четыре отдельные части, лежащие по прямой линии, в то время как голова кометы превратилась в нечто вроде слабой туманной трубки, направленной в сторону солнца. Также стали видны несколько небольших обособленных туманных масс, которые двигались вместе с кометой, хотя и не с той же скоростью. Комета стала невидимой невооруженным глазом в феврале, и в последний раз ее наблюдали в телескоп в Южной Америке 1 июня 1883 года.

Существует замечательное сходство между орбитой этой кометы и орбитами, по которым вокруг Солнца вращались комета 1668 года, великая комета 1843 года и большая комета, замеченная в 1880 году в южном полушарии. На самом деле эти четыре кометы двигались почти по одному и тому же пути и облетели Солнце на расстоянии пары сотен тысяч миль от поверхности фотосферы. Возможно также, что комета, которая, согласно Аристотелю, появилась в 372 году до нашей эры, следовала по той же орбите. И все же мы не можем предположить, что все это были явления одной и той же кометы, поскольку наблюдения кометы 1882 года дают период обращения этого тела, равный примерно 772 годам. Не исключено, что кометы 1843 и 1880 годов - одна и та же, но в оба года наблюдения длились слишком короткое время, чтобы мы могли решить, была ли орбита параболой или эллипсом. Но поскольку комета 1882 года в любом случае была отдельным телом, представляется более вероятным, что здесь мы имеем дело с семейством комет, приближающихся к солнцу из одной и той же области пространства и следующих почти одним и тем же курсом. Нам известно несколько других примеров подобного сходства между орбитами различных комет.

Из других интересных комет, замеченных за последние несколько лет, мы можем упомянуть одну, открытую мистером Холмсом в Лондоне 6 ноября 1892 года. Тогда он находился недалеко от яркой туманности в созвездии Андромеды, и как будто был виден просто невооруженным глазом. Комета постепенно становилась все более тусклой и рассеянной, но 16 января следующего года она внезапно появилась с центральным сгущением, похожим на звезду восьмой величины, окруженную небольшой комой. Постепенно он снова усилился и становился все слабее, пока в последний раз его не наблюдали 6 апреля. [32] Было обнаружено, что орбита представляет собой эллипс, более близкий к круглой, чем орбита любой другой известной кометы, период составляет почти семь лет. Другая комета 1892 года примечательна тем, что была открыта профессором Барнардом из обсерватории Лик на фотографии местности в Аквиле; он сразу смог отличить комету от туманности по ее движению.

С 1864 года свет каждой появившейся кометы анализировался с помощью спектроскопа. Незначительная поверхностная яркость этих тел приводит к необходимости довольно широко открывать щель спектроскопа, а используемая дисперсия не может быть очень большой, что опять же затрудняет точные измерения. Спектр кометы в основном характеризуется тремя яркими полосами, постепенно переходящими в фиолетовый цвет и резко очерченными сбоку, ближе к красному. Этот вид вызван большим количеством тонких и близких линий, интенсивность которых и расстояние друг от друга уменьшаются в сторону фиолетового. Эти три полосы указывают на наличие углеводов в кометах.

Важная роль, которую, как мы, таким образом, обнаруживаем, углерод играет в строении комет, становится особенно поразительной, когда мы размышляем о значении этого же элемента на земле. Мы рассматриваем его как главную составляющую всей растительной жизни, мы находим, что он неизменно присутствует в животной жизни. Интересным фактом

является то, что этот элемент, имеющий такое трансцендентное значение на земле, теперь должен был быть доказан как присутствующий в этих блуждающих телах. Однако углеводородные полосы не всегда являются единственными особенностями, видимыми в спектрах комет. В комете, замеченной весной 1882 года, профессор Коупленд обнаружил, что внезапно появилась новая ярко-желтая линия, совпадающая по положению с D-линией натрия, и впоследствии как он, так и другие наблюдатели увидели, что она красиво двоится. Фактически, натрий был настолько сильно представлен в этой комете, что и голову, и хвост можно было прекрасно разглядеть в натриевом свете, просто очень широко открыв щель спектроскопа, подобно тому, как солнечный протуберанец можно увидеть в водородном свете. Линия натрия достигала наибольшей яркости в то время, когда комета находилась ближе всего к Солнцу, в то время как углеводородные полосы были либо невидимы, либо очень слабы. Такая же связь между интенсивностью линии натрия и расстоянием от солнца была замечена у большой сентябрьской кометы 1882 года.

Спектр большой кометы 1882 года наблюдался Коуплендом и Лозе 18 сентября при дневном свете, и, в дополнение к линии натрия, они увидели ряд других ярких линий, которые, по-видимому, были вызваны парами железа, в то время как также была видна единственная линия марганца, видимая при температуре бунзеновской горелки. Это весьма примечательное наблюдение было сделано менее чем через сутки после прохождения перигелия и иллюстрирует удивительную активность внутри кометы, когда она проходит очень близко к солнцу.



ЛИСТ XVII.

КОМЕТА 1882 ГОДА,
ВИДИМАЯ ИЗ СТРИТХЭМА, 4 ноября, 4 часа утра
С РИСУНКА Т.Э. КИ.

В дополнение к ярким линиям кометы обычно демонстрируют слабый непрерывный спектр, в котором иногда можно различить темные линии Фраунгофера. Конечно, это показывает, что непрерывный спектр в значительной степени обусловлен отраженным солнечным светом, но нет никаких сомнений в том, что часть его часто обусловлена светом, действительно

выделяющимся в кометах. Это, безусловно, имело место в случае с первой кометой 1884 года, поскольку внезапная вспышка света в этом телесопровождалась значительным увеличением яркости непрерывного спектра. Изменение относительной яркости трех углеводородных полос указывало на значительное повышение температуры, в течение которого комета излучала белый свет.

Поскольку кометы находятся намного ближе к земле, чем звезды, иногда случается так, что комете приходится занимать позицию непосредственно между землей и звездой. Весьма похожее явление наблюдается и в движении Луны. Звезда часто закрывается таким образом, и наблюдения подобных явлений знакомы астрономам; но когда комета проходит перед звездой, обстоятельства сильно отличаются. Звезда действительно видна сквозь комету почти так же хорошо, как если бы комета находилась совсем в стороне. Это часто замечалось. Одно из самых знаменитых наблюдений такого рода было сделано покойным сэром Джоном Гершелем над кометой Би́лы, которая относится к классу периодических, и о ней будет упомянуто в следующей главе. Знаменитый астроном однажды видел, как этот объект пролетал над звездным скоплением. Оно состояло из чрезвычайно мелких звезд, которые можно было увидеть только в мощный телескоп, такой, каким пользовался сэр Джон. Легчайшей дымки или малейшего следа облака было бы достаточно, чтобы скрыть все звезды. Поэтому астроном с немалым интересом наблюдал за продвижением кометы Би́лы. Постепенно "странник" приблизился к группе звезд, так что, если бы он обладал сколько-нибудь заметной плотностью, многочисленные мерцающие точки были бы полностью скрыты. Но каковы были факты? Вплоть до самой крошечной звезды в этом скоплении, вплоть до мельчайшей световой точки, которую мог увидеть большой телескоп, было отчетливо видно, как каждый объект в группе мерцает прямо сквозь массу кометы Би́лы.

Это было важное наблюдение. Мы должны помнить, что завеса, натянутая между скоплением и телескопом, не была тонкой завесой; это был объем кометного вещества толщиной во много тысяч миль. Сравните, таким образом, почти немыслимую разреженность кометы с облаками, к которым мы привыкли. Облако толщиной в несколько сотен футов скроет не только звезды, но даже само великое солнце. Легчайшая дымка, которая когда-либо плыла по летнему небу, больше скрыла бы звезды от нашего взора, чем сто тысяч миль такого кометного материала, какой был здесь.

Большая комета Донати прошла над многими звездами, которые были отчетливо видны сквозь ее хвост. Среди этих звезд была очень яркая — хорошо известный Арктур. К счастью, комете случилось пройти над Аркту́ром, и хотя почти самая плотная часть кометы находилась между землей и звездой, все же Арктур продолжал мерцать с неизменным блеском сквозь толщу этого колоссального занавеса. Недавние наблюдения, однако, показали, что звезды в некоторых случаях меняют блеск, когда над ними проходит более плотная часть кометы. Действительно, трудно представить, что звезда оставалась бы видимой, если бы ядро действительно большой кометы прошло над ней; но, похоже, возможности проверить это предположение пока не представилось.

Поскольку комета содержит прозрачный газообразный материал, мы могли бы ожидать, что расположение звезды будет нарушено, когда комета приблизится к ней. Преломляющая способность воздуха очень значительна. Когда мы смотрим на закат, нам кажется, что солнце опускается за горизонт; однако на самом деле солнце опустилось за горизонт еще до того, как какая-либо часть его диска, по-видимому, начала свой спуск. Преломляющая сила воздуха изгибает светящиеся лучи по кругу и показывает солнце, хотя оно непосредственно заслонено стоящими препятствиями. Преломляющая способность материала комет была тщательно протестирована. Было замечено, что комета приближается к двум звездам; одна

из которых была видна сквозь комету, в то время как другую можно было наблюдать непосредственно. Если бы в составе тела было сколько-нибудь заметное количество газа, взаимное расположение двух звезд изменилось бы. Этот вопрос неоднократно подвергался проверке фактическими измерениями. Иногда обнаруживалось, что никакого заметного изменения положения обнаружить не удастся, и, соответственно, в таких случаях комета не имеет заметной плотности. Тщательные измерения большой кометы в 1881 году показали, однако, что вблизи ядра наблюдалась некоторая преломляющая способность, хотя и весьма незначительная по сравнению с преломлением нашей атмосферы.



КОМЕТА А 1892 ГОДА, 1. БЫСТРАЯ.

Фотография сделана Э.Э. Барнардом 7 апреля 1892 года.

Исходя из этих соображений, вероятно, сразу же будет признано, что масса кометы действительно должна быть очень малой величиной по сравнению с ее массой. Когда мы попытались на самом деле взвесить комету, наши усилия оказались безуспешными. Мы смогли взвесить могущественные планеты Юпитер и Сатурн; мы даже смогли взвесить само огромное солнце; закон всемирного тяготения снабдил нас колоссальным весовым аппаратом, который с успехом применялся во всех этих случаях, но те же методы, применяемые к кометам, быстро становятся иллюзорными. Ни одно из известных астрономам весовых устройств не является достаточно тонким, чтобы определить вес кометы. Все, что мы можем сделать при любых обстоятельствах, - это взвесить одно небесное тело в сравнении с другим. Кометы кажутся почти невесомыми, если оценивать их по таким значительным массам, как у земли или любой другой большой планеты. Конечно, следует понимать, что когда мы говорим, что вес кометы незначителен, мы имеем в виду по отношению к другим телам нашей системы. Возможно, теперь уже никто не сомневается, что огромная комета на самом деле должна весить тонны; хотя независимо от того, следует ли считать эти тонны десятками, сотнями, тысячами или миллионами, общая сумма кажется совершенно незначительной по сравнению с весом такого тела, как земля.

Небольшая масса комет также предстает перед нами весьма поразительным образом, когда мы вспоминаем то, что было сказано в предыдущей главе о важном предмете планетарных возмущений. Мы говорили там о постоянстве нашей системы и показали, что это постоянство зависит от определенных законов, которым должны неизменно соответствовать движения планет. Планеты движутся почти по кругу, все их орбиты находятся почти в одной плоскости, и все они движутся в одном направлении. Постоянство системы оказалось бы под угрозой, если бы какое-либо из этих условий не было выполнено. В том обсуждении мы не упоминали о кометах. Тем не менее, они являются членами нашей системы, и их намного больше, чем планет. Кометы отвергают эти правила дорожного движения, которым планеты так строго подчиняются. Их орбиты никогда не похожи на окружности; на самом деле, они, как правило, параболические и, таким образом, максимально сильно отличаются от круговой траектории. Плоскости орбит комет также не влияют на какой-либо конкретный аспект; они наклонены под всевозможными углами, и направления, в которых они движутся, кажутся простым делом каприза. Все эти статьи планетарного соглашения нарушаются кометами, но, тем не менее, наша система существует; она существовала бесчисленные века, и похоже, ей суждено существовать еще долгие века. Кометы притягиваются планетами, и наоборот, кометы должны притягивать планеты и должны в какой-то степени нарушать их орбиты; но в какой степени? Если бы кометы двигались по орбитам, подчиняющимся тем же общим законам, которые характеризуют движение планет, тогда наш аргумент потерпел бы крах. Планеты могут испытывать значительные нарушения из-за притяжения комет, и все же по прошествии времени эти возмущения нейтрализуют друг друга, и постоянство системы не пострадает. Но дело обстоит совсем иначе, когда мы имеем дело с реальными орбитами комет. Если бы кометы могли заметно беспокоить планеты, эти возмущения не нейтрализовали бы друг друга, и со временем система была бы разрушена непрерывным накоплением неровностей. Факты, однако, показывают, что система жила и продолжает жить, несмотря на кометы; и, следовательно, мы вынуждены сделать вывод, что их массы должны быть незначительными по сравнению с массами крупных планетных тел.

Эти рассуждения выставляют законы всемирного тяготения и их связь с постоянством нашей системы в очень ярком свете. Если мы включим сюда кометы, то можем сказать, что солнечная система включает в себя многие тысячи тел на орбитах всех размеров, форм и положений, соглашаясь только с тем фактом, что солнце находится в общем для всех фокусе. Большинство этих тел невесомы по сравнению с планетами, и их орбиты расположены так

или иначе, так что, хотя они могут сильно страдать от возмущений других тел, они ни в коем случае не могут вызвать сколько-нибудь заметных возмущений. Однако есть несколько больших планет, способных вызывать огромные возмущения; и если бы их орбиты не были должным образом скорректированы, результатом рано или поздно стал бы хаос. Благодаря взаимному приспособлению их орбит к почти круглой форме, к почти совпадающей плоскости и к единообразию направления между большими планетами установилось постоянное перемирие. Теперь они не могут постоянно дезорганизовывать друг друга, в то время как небольшая масса комет делает их неспособными к этому. Таким образом, стабильность крупных планет обеспечена; но следует отметить, что для комет нет никакой гарантии стабильности. Их эксцентричные и нерегулярные траектории могут претерпевать самые чудовищные нарушения; действительно, история астрономии содержит множество примеров превратностей, которым подвергается кометный путь.

Большие кометы появляются в небесах при самых разнообразных обстоятельствах. Нет ни одной части неба, ни одного созвездия или региона, которые не подвергались бы случайным посещениям этих загадочных тел. Нет такого времени года, такого часа дня или ночи, когда над горизонтом не было бы видно комет. Подобным образом, размер и внешний вид комет различаются по всем признакам, от тусклого пятна, едва видимого глазом, усиленным мощным телескопом, до гигантского и сверкающего объекта, хвост которого тянется по небу на расстояние, равное расстоянию от горизонта до зенита. Точно так же направление хвоста кометы, по-видимому, на первый взгляд допускает любое возможное положение: он может стоять прямо в небе, как если бы комета собиралась нырнуть за горизонт; он может стекать с головы кометы, как если бы тело было подброшено снизу; он может наклоняться вправо или влево. Можем ли мы среди всего этого разнообразия и кажущегося каприза обнаружить какую-либо черту, общую для различных явлений? Мы обнаружим, что существует очень замечательный закон, которому подчиняются хвосты комет, — закон настолько верный и удовлетворительный, что, если нам указать место кометы на небе, можно сразу указать, в каком направлении будет располагаться хвост.

Летом в северном небе появляется красивая комета. Сейчас около полуночи по гринвичу; мы смотрим на слабо светящийся хвост, который стоит прямо и указывает в зенит; возможно, он немного изогнут или, возможно, сильно изогнут, но все же, в целом, он направлен от горизонта к зениту. Мы здесь не имеем в виду какую-то конкретную комету. У каждой кометы, большой или малой, которая появляется на севере, в полночь хвост должен быть направлен вверх почти вертикально. Этот факт, который был подтвержден неоднократно, является яркой иллюстрацией закона направления хвостов комет. Задумайтесь на мгновение о фактах данного случая. Сейчас лето; сумерки на севере показывают положение солнца, а хвост кометы направлен прямо в сторону от сумерек и от солнца. Возьмем другой случай. Наступил вечер; солнце село, засияли звезды, и стала видна длиннохвостая комета. Пусть эта комета находится высоко или низко, на севере или юге, востоке или западе, ее хвост неизменно указывает *в сторону* от той точки на западе, где еще задерживается уходящий солнечный свет. Опять же, за кометой наблюдают ранним утром, и если перевести взгляд с того места, где появляется первая полоска зари, на головную часть кометы, то в этом направлении, удаляясь от солнца, обнаруживается хвост кометы. Этот закон имеет еще более общее применение. В любое время года, в любой час ночи хвост кометы направлен в сторону от солнца.

Более трехсот лет назад этот факт в движении комет привлек внимание тех, кто размышлял о движении небесных тел. Это факт, доступный обычным наблюдениям, он придает некоторую

согласованность многочисленным явлениям, происходящим с кометами, и его следует положить в основу наших исследований структуры хвостов.

На соседнем рисунке, рис. 71, мы показываем часть параболической орбиты кометы, а также представляем положение хвоста кометы в различных точках ее пути. Возможно, было бы преувеличением утверждать, что на протяжении всего огромного путешествия кометы ее хвост всегда должен быть направлен от солнца. Во-первых, следует помнить, что мы можем видеть комету только на той небольшой части ее пути, когда она приближается к солнцу или удаляется от него. Следует также помнить, что, фактически совершая облет вокруг Солнца, яркость кометы настолько подавляется солнцем, что комета часто становится невидимой, точно так же, как звезды невидимы при дневном свете. Действительно, в некоторых случаях струи кометного материала действительно проецируются в сторону солнца.



Рис. 71. Хвост

кометы, направленный от Солнца.

При поспешном рассмотрении этого вопроса можно было бы подумать, что, поскольку комета неслась с огромной скоростью, хвост просто тянулся позади, подобно тому, как сноп искр от ракеты разлетается по траектории, по которой она движется. Это была бы совершенно ошибочная аналогия; комета движется не через атмосферу, а через открытое пространство, где нет среды, достаточной для того, чтобы направить хвост по линии движения. Другой очень примечательной особенностью является постепенный рост хвоста по мере приближения кометы к солнцу. Пока тело находится на большом расстоянии, у него обычно нет заметного хвоста, но по мере втягивания хвост постепенно развивается и в некоторых случаях достигает огромных размеров. Не следует предполагать, что это увеличение является простым оптическим следствием уменьшения расстояния. Можно показать, что рост хвоста происходит гораздо быстрее, чем это можно было бы объяснить таким образом. Таким образом, мы приходим к выводу, что образование хвоста связано с приближением к Солнцу, и, соответственно, мы сталкиваемся с загадкой, не имеющей аналогов среди других тел нашей системы.

В том, что комета в целом притягивается солнцем, не может быть никаких сомнений. Тот факт, что комета движется по эллипсу или параболе, доказывает, что два тела действуют друг на

друга в соответствии с законом всемирного тяготения. Но хотя это верно для кометы в целом, не менее очевидно и то, что хвост кометы *отталкивается* от солнца. Невозможно с уверенностью говорить о том, как это происходит, но факты дела, по-видимому, указывают на объяснение следующего рода.

Мы видели, что спектроскоп с уверенностью доказал присутствие углеводородов и других газов в кометах. Но мы не должны из этого делать вывод, что кометы - это просто массы газа, движущиеся в пространстве. Хотя общее количество вещества в комете, как мы видели, чрезвычайно мало, вполне возможно, что комета может состоять из ряда широко рассеянных частиц заметной плотности; действительно, мы увидим в следующей главе при описании замечательной взаимосвязи между кометами и метеорами, что у нас есть основания полагать, что это так. Поэтому мы можем рассматривать комету как рой крошечных твердых частиц, каждая из которых окружена газом.

Когда мы наблюдаем приближение большой кометы к солнцу, сначала видно, что ядро становится ярче и имеет более четкие очертания; на более поздней стадии кажется, что от него к солнцу проецируется светящееся вещество, часто в форме веера или струи, которая иногда колеблется взад-вперед, как маятник. Например, в октябре 1835 года Бессель наблюдал в голове кометы Галлея, что струя в течение восьми часов поворачивалась на угол 36° . В других случаях вокруг ядра образуются одна за другой концентрические дуги света, становящиеся все слабее по мере удаления от ядра. Очевидно, что материал веера или дуг отталкивается ядром кометы; но он также отталкивается солнцем, и эта последняя сила отталкивания заставляет светящуюся материю преодолевать притяжение и поворачиваться обратно вокруг ядра в направлении, противоположном от солнца. Таким образом формируется хвост. (*См. Фото XII.*) Математическая теория образования хвостов комет была разработана на основе предположения, что вещество, образующее хвост, отталкивается как ядром, так и солнцем. Это исследование было впервые предпринято великим астрономом Бесселем в его мемуарах о появлении кометы Галлея в 1835 году, и с тех пор оно было значительно развито Рошем и русским астрономом Бредихиным. Хотя мы, возможно, вряд ли в состоянии принять эту теорию как абсолютно верную, мы можем утверждать, что она хорошо объясняет основные явления, наблюдаемые при образовании хвостов комет.

Профессор Бредихин проводил свою работу в философской манере, которая привела ко многим другим великим открытиям в науке. Он тщательно сопоставил измерения и рисунки хвостов различных комет. Из этой предварительной части его исследования был получен один результат, который обладает ценностью, на которую нельзя повлиять, даже если будет установлено, что скрытая часть его работ требует квалификации. При изучении различных хвостов он заметил, что криволинейные формы очертаний относятся к тому или иному из трех особых типов. На первом у нас самые прямые хвосты, которые направлены почти прямо от солнца. На втором изображены классифицированные хвосты, которые после удаления от солнца изгибаются назад от направления, в котором движется комета. На третьем мы обнаруживаем, что придаток еще более изогнут по направлению к траектории движения кометы. Можно показать, что хвосты комет почти всегда можно идентифицировать с одним или другим из этих трех типов; и в случаях, когда у кометы два хвоста, как это иногда случалось, будет обнаружено, что они принадлежат к двум из этих типов.

На прилагаемой диаграмме (рис. 72) представлен эскиз воображаемой кометы, снабженной хвостами трех различных типов. Направление, в котором движется комета, показано стрелкой на линии, проходящей через ядро. Бредихин приходит к выводу, что самый прямой из трех хвостов, обозначенный как тип I., наиболее вероятно, связан с элементом водородом; хвосты второй формы связаны с присутствием некоторых углеводородов в теле

кометы; в то время как маленькие хвосты третьего типа могут быть связаны с железом или каким-либо другим элементом с высоким атомным весом. Конечно, следует понимать, что эта диаграмма не представляет никакой реальной кометы.

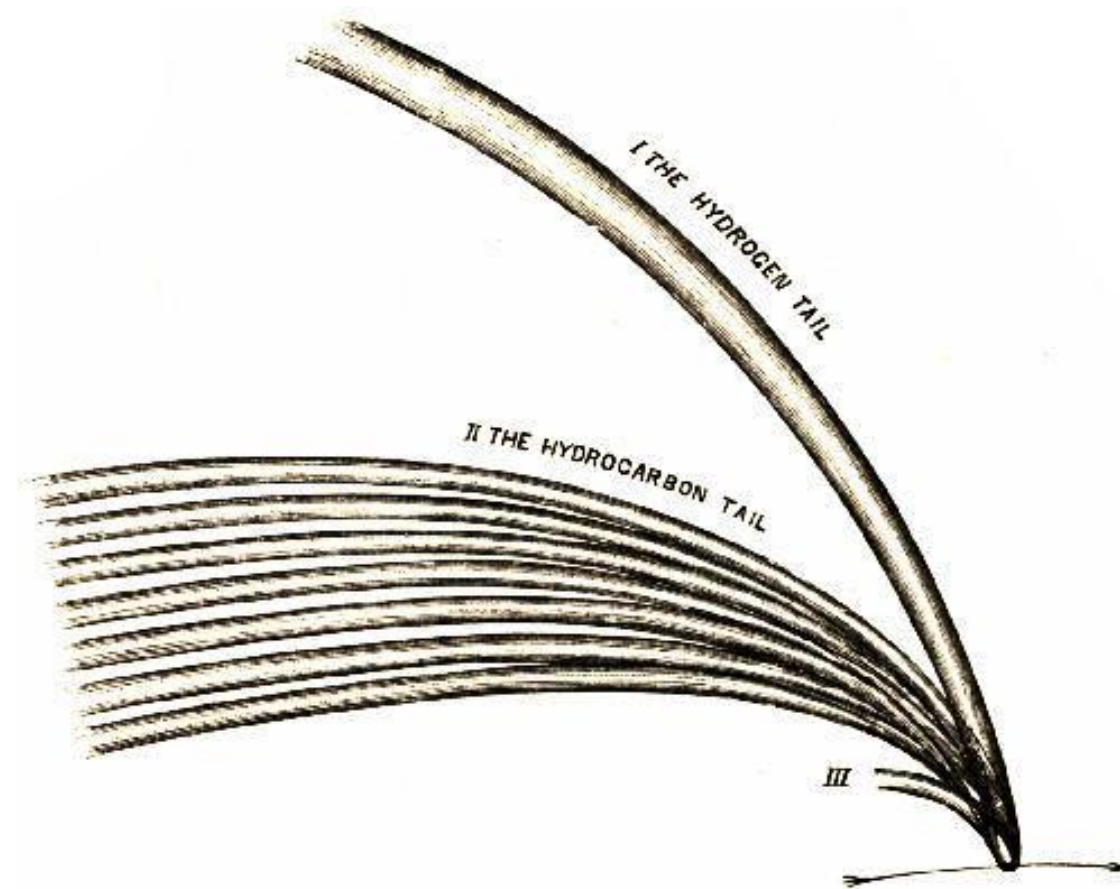


Рис. 72. Теория

хвостов комет Бредихина.



Рис. 73. Хвосты

кометы 1858 года.

Интересную иллюстрацию этой теории дает случай с уже упоминавшейся знаменитой кометой 1858 года, рисунок которой показан на рис. 73. Мы находим здесь, помимо большого хвоста, который является характерной чертой тела, еще две слабые полосы света. Это края полого конуса, который образует хвост типа I. Когда мы посмотрим через центральные области, будет легко понять, что свет недостаточно интенсивен, чтобы быть видимым; однако по краям представлена достаточная толщина кометного вещества, и, таким образом, мы имеем вид, показанный на этом рисунке. Казалось бы, у кометы Донати был один хвост из-за водорода, а другой - из-за некоторых соединений углерода. Вовлеченные соединения углерода, по-видимому, весьма разнообразны, и, как следствие, хвосты второго типа имеют более неопределенные очертания, чем хвосты водорода. Были зарегистрированы случаи, когда у одной и той же кометы одновременно наблюдалось несколько хвостов. Наиболее известным из них является тот, который появился в 1744 году. Профессор Бредихин уделил особое внимание теории этого удивительного объекта и с высокой степенью вероятности показал, как можно объяснить появление многоформного хвоста. Соседний рисунок (рис. 74) взят с наброска этого объекта, сделанного утром 7 марта мадемуазель Кирх в Берлинской обсерватории. На рисунке показано одиннадцать полос, из которых первые десять (считая слева) представляют собой яркие края пяти хвостов, в то время как шестой и самый короткий хвост находится в крайнем правом углу. Зарисовки этого редкого явления были также сделаны Шез в Лозанне и Де Л'Иль в Санкт-Петербурге. До прохождения перигелия у кометы был только один хвост, но очень великолепный.

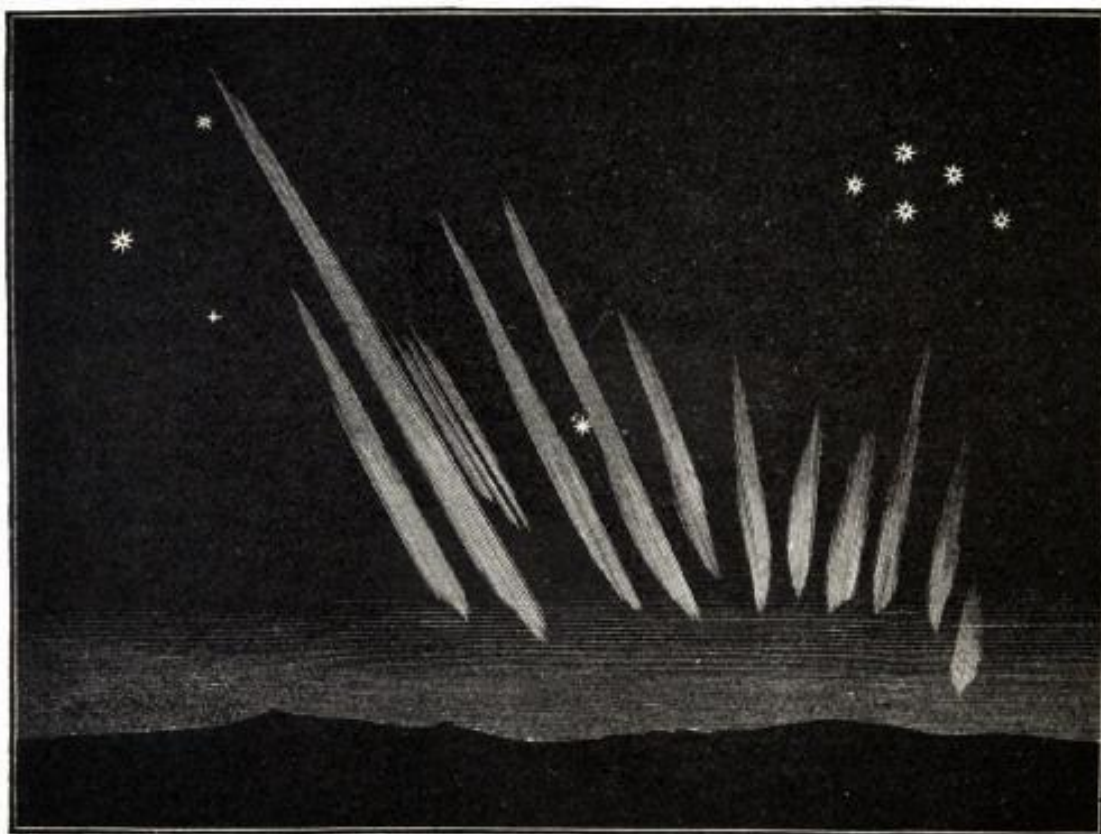


Рис. 74.—

Комета 1744 года.

Можно подвергнуть некоторые из связанных с этим вопросов проверке расчетами, и можно показать, что сила отталкивания, достаточная для создания прямого хвоста типа I. должна быть всего примерно в двенадцать раз больше силы притяжения. Хвосты второго типа могли образовываться за счет силы отталкивания, примерно равной силе тяжести, в то время как хвосты третьего типа требовали бы силы отталкивания, равной примерно одной четверти силы тяжести. [33] Основная сила отталкивания, известная в природе, происходит от электричества, и, естественно, было высказано предположение, что явления тайфунакомет обусловлены электрическим состоянием солнца и кометы. Было бы преждевременно утверждать, что электрический характер хвоста кометы был абсолютно продемонстрирован; все, что можно сказать, это то, что, поскольку это, по-видимому, объясняет наблюдаемые факты, было бы нежелательно вводить какую-либо чисто гипотетическую силу отталкивания. Следует помнить, что совершенно по другим причинам известно, что солнце является очагом электрических явлений.

По мере того, как комета постепенно удаляется от солнца, сила отталкивания ослабевает, и, соответственно, мы обнаруживаем, что хвост кометы уменьшается. Если комета периодическая, та же серия изменений может произойти при ее следующем возвращении в перигелий. Образуется новый хвост, который также постепенно исчезает по мере того, как комета возвращается в глубины космоса. Если бы мы могли использовать аналогию с земными парами, чтобы направлять наши рассуждения, то могло бы показаться, что по мере удаления кометы ее хвост конденсировался бы в мириады мелких частиц. Над этими мелкими частицами закон всемирного тяготения возобновил бы свою безраздельную власть, больше не омрачаемую более высокой эффективностью отталкивания. Масса кометы, однако, настолько мала, что она не смогла бы отозвать эти частицы простой силой притяжения. Из этого следует, что, поскольку комета при каждом прохождении перигелия образует хвост, она должна в каждом случае расходовать соответствующее количество

материала, образующего хвост. Предположим, что комета с самого начала была наделена определенным запасом тех особых материалов, которые приспособлены для производства хвостов. При каждом прохождении перигелия образуется хвост и расходуется соответствующая сумма капитала. Очевидно, что эта операция не может продолжаться бесконечно. В случае подавляющего большинства комет посещения перигелия настолько чрезвычайно редки, что последствия этой расточительности не очень очевидны; но для тех периодических комет, которые имеют короткие периоды и часто возвращаются, последствия оказываются именно такими, какие можно было предвидеть: капитал на создание хвоста постепенно растрачивается, и, таким образом, в конце концов мы имеем зрелище кометы вообще без хвоста. Мы можем даже предположить, что таким образом комета может полностью рассеяться, и в следующей главе мы увидим, какая участь, по-видимому, постигла периодическую комету Биely.

Но, пролетая через солнечную систему, комета может случайно пройти совсем рядом с одной из больших планет, и, проходя мимо, ее движение может быть серьезно нарушено притяжением планеты. Если скорость кометы ускорится из-за этого возмущающего воздействия, орбита изменится с параболы на другую кривую, известную как гипербола, и комета совершит оборот вокруг Солнца и уйдет, чтобы никогда не вернуться. Но если планета расположена так, что замедляет скорость кометы, параболическая орбита превратится в эллиптическую, и комета станет периодической. Мы едва ли можем сомневаться в том, что некоторые периодические кометы были "захвачены" таким образом и тем самым стали постоянными членами нашей солнечной системы, если заметим, что кометы с короткими периодами (от трех до восьми лет) проходят очень близко к орбите Юпитера в той или иной точке своего пути. Следовательно, каждый из них должен был в какой-то момент своей прошлой истории находиться вблизи планеты-гиганта. Аналогичным образом другие периодические кометы с более длительным периодом сближаются с орбитами Сатурна, Урана или Нептуна, причем последняя упомянутая планета, вероятно, ответственна за периодичность обращения кометы Галлея. Мы действительно не раз становились свидетелями сильного нарушения орбиты кометы. Наиболее интересный случай - это случай с кометой Лекселла. В 1770 году французский астроном Мессье (который с большим успехом посвятил себя открытию комет) обнаружил комету, для которой Лекселл вычислил орбиту, и обнаружил эллипс с периодом в пять лет и несколько месяцев. Однако комету никогда раньше не видели, и больше она никогда не возвращалась. Много времени спустя в результате самых кропотливых исследований Буркхардта и Леверье было установлено, что до 1767 года комета двигалась по совершенно другой орбите. Но в начале 1767 года ему случилось подойти так близко к Юпитеру, что мощное притяжение этой планеты вынудило его выйти на новую орбиту с периодом в пять с половиной лет. Он прошел перигелий 13 августа 1770 года и снова в 1776 году, но в последний год он находился в неудобном положении, чтобы его можно было увидеть с земли. Летом 1779 года комета снова оказалась поблизости от Юпитера и была выброшена со своей эллиптической орбиты, так что с тех пор мы ее никогда не видели, или, возможно, было бы безопаснее сказать, что мы не смогли с уверенностью идентифицировать комету Лекселла ни с одной из комет, наблюдавшихся с тех пор. Мы также, в случае с несколькими другими периодическими кометами, можем аналогичным образом установить дату, когда они отправились в свое путешествие по своим нынешним эллиптическим орбитам.

Таково краткое изложение основных фактов, известных в отношении этих интересных, но сбивающих с толку органов. Мы должны довольствоваться изложением того, что мы знаем, а не рискованными догадками о вещах, находящихся за пределами нашей досягаемости. Мы видим, что они подчиняются великим законам тяготения и представляют собой

поразительную иллюстрацию их истинности. Мы видели, как современная наука рассеяла суеверие, с которым в прежние века относились к появлению кометы. Мы больше не рассматриваем такое тело как признак надвигающейся беды; мы можем скорее смотреть на него как на интересного и прекрасного посетителя, который приходит, чтобы порадовать нас и дать нам наставления, но никогда не угрожать или разрушать.

ГЛАВА XVII.

ПАДАЮЩИЕ ЗВЕЗДЫ.

Малые тела в нашей системе—Их количество—Как они наблюдаются—Падающая звезда—Теория нагрева—Большая падающая звезда—Ноябрьские метеоры—Их древняя история—Маршрут, по которому проходит Косяк—Диаграмма косяка метеоров—Как косяк распространяется по своему пути—Поглощение метеоров Землей—Открытие связи между метеорами и кометами—Замечательные исследования, касающиеся ноябрьских метеоров—Два ливня подряд—В ливнях Великих падающих звезд никогда не было обнаружено частиц—Метеоритные камни—Исследования Хладни—Ранние исследования Случаи камнепадов—Метеорит в Энсисхайме—Коллекции метеоритов—Сидерит Роутона—Относительная частота встречаемости железных и каменных метеоритов—Фрагментарный характер метеоритов—Гипотеза Чермака—Влияние гравитации на ракету, выброшенную из вулкана —Могут ли они прилететь с Луны?—Претензии Малых планет на происхождение метеоритов —Возможное земное происхождение —Железо Овифак.

В предыдущих главах мы имели дело с гигантскими телами, которые образуют главные объекты в том, что мы знаем как солнечную систему. Мы изучали огромные планеты диаметром в тысячи миль и следили за движением комет, размеры которых часто измеряются миллионами миль. Действительно, однажды, в предыдущей главе, мы спустились к объектам, гораздо более низким по шкале величины, и рассмотрели тот многочисленный класс малых тел, который мы называем малыми планетами. Однако сейчас наш долг - сделать еще один, и на этот раз очень долгий шаг вниз по шкале значимости. Даже малые планеты должны рассматриваться как колоссальные объекты по сравнению с теми маленькими телами, присутствие которых раскрывается нам интересным, а иногда и поразительным образом.

Эти маленькие тела в какой-то степени компенсируют свои крошечные размеры изобилием, в котором они существуют. На самом деле, нельзя было бы предпринять никаких попыток описать в цифрах мириады, которыми они кишат в космосе. Вероятно, они имеют очень разнообразные размеры, некоторые из них весят много фунтов или, возможно, тонн, в то время как другие кажутся не крупнее гальки или даже песчинки. И все же, какими бы незначительными ни казались эти тела, солнце не брезгает взять на себя их контроль. Каждая частица, будь она такой же маленькой, как пылинка в солнечном луче, или такой же мощной, как планета Юпитер, волей-неволей должна проследить свой путь вокруг Солнца в соответствии с законами Кеплера.

Кому не знакомо это прекрасное явление, которое мы называем падающей звездой или которое в его более великолепных формах иногда называют метеором или шаровой молнией? Именно на объекты этого класса мы сейчас должны направить наше внимание.

Маленькое тело движется вокруг солнца. Точно так же, как могущественная планета вращается по эллипсу, даже маленький объект будет вращаться по эллипсу с солнцем в фокусе. В настоящий момент существуют невообразимые мириады таких метеоров, движущихся подобным образом. Они слишком малы и слишком далеки для наших телескопов, и мы видим их только при исключительных обстоятельствах.

Когда метеор появляется в поле зрения, он движется с такой огромной скоростью, что часто преодолевает более двадцати миль за секунду. Такая скорость почти невозможна вблизи поверхности Земли: сопротивление воздуха помешало бы этому. Наверху, в пустоте космоса, нет воздуха, который мог бы помешать его полету. Возможно, он вращался вокруг солнца тысячи, возможно, миллионы лет, не испытывая никаких помех; но наступает решающий момент, и метеор исчезает во вспышке великолепия.

В ходе своего странствия тело приближается к земле и в нескольких сотнях миль от ее поверхности начинает соприкасаться с верхней поверхностью атмосферы, которой окружена земля. Для тела, движущегося с ужасающей скоростью метеора, падение в атмосферу обычно смертельно. Несмотря на то, что верхние слои воздуха чрезмерно разрежены, все же они внезапно контролируют скорость почти так же, как ружейная пуля была бы проверена при попадании в воду. Когда метеор пронесется сквозь атмосферу, трение воздуха нагревает его поверхность; постепенно он раскаляется докрасна, затем добела и, наконец, превращается в пар с ослепительным сиянием, в то время как мы на земле, в одной или двух сотнях миль ниже, восклицаем: "О, смотрите, это падающая звезда!"

Здесь мы имеем эксперимент, иллюстрирующий механическую теорию тепловыделения. Может показаться невероятным, что простого трения должно быть достаточно для выделения тепла, достаточного для столь яркого показа, но мы должны помнить два факта: во-первых, скорость метеорита, возможно, в сто раз больше скорости винтовочной пули; и, во-вторых, эффективность трения при выделении тепла пропорциональна квадрату скорости. Следовательно, метеор, пролетающий по воздуху, может выделять за счет трения о воздух примерно в десять тысяч раз больше тепла, чем винтовочная пуля. Мы не делаем преувеличенной оценки, предполагая, что последний снаряд нагревается на десять градусов из-за трения; но если это допустить, мы должны допустить, что при полете метеорита происходит такое огромное выделение тепла, что даже малой его доли было бы достаточно, чтобы превратить объект в пар.

Давайте сначала рассмотрим обстоятельства, при которых эти внешние тела проявляются перед нами, и, в качестве иллюстрации, мы можем взять замечательный огненный шар, который произошел 6 ноября 1869 года. Это тело было видно из многих разных мест Англии; и, объединяя и сравнивая эти наблюдения, мы получаем точную информацию о высоте объекта и скорости, с которой он перемещался.

Похоже, что этот метеор начали видеть в точке в девяноста милях над Фроумом, в Сомерсетшире, и что он исчез в двадцати семи милях над морем, недалеко от Сент-Айвса, в Корнуолле. Траектория движения тела и основные населенные пункты, из которых оно наблюдалось, показаны на карте (рис. 75). Вся длина его видимого курса составляла около 170 миль, который был пройден за пять секунд, что дало среднюю скорость в тридцать четыре мили в секунду. Примечательной особенностью внешнего вида этого огненного шара была длинная устойчивая полоса светящегося облака, около пятидесяти миль в длину и четырех миль в ширину, которая оставалась в поле зрения в течение полных пятидесяти минут. В этом примере мы имеем иллюстрацию основных особенностей явления падающей звезды, представленных в очень большом масштабе. Однако следует отметить, что

постоянная светящаяся полоса не является универсальной и, по сути, не очень распространенной характеристикой падающей звезды.

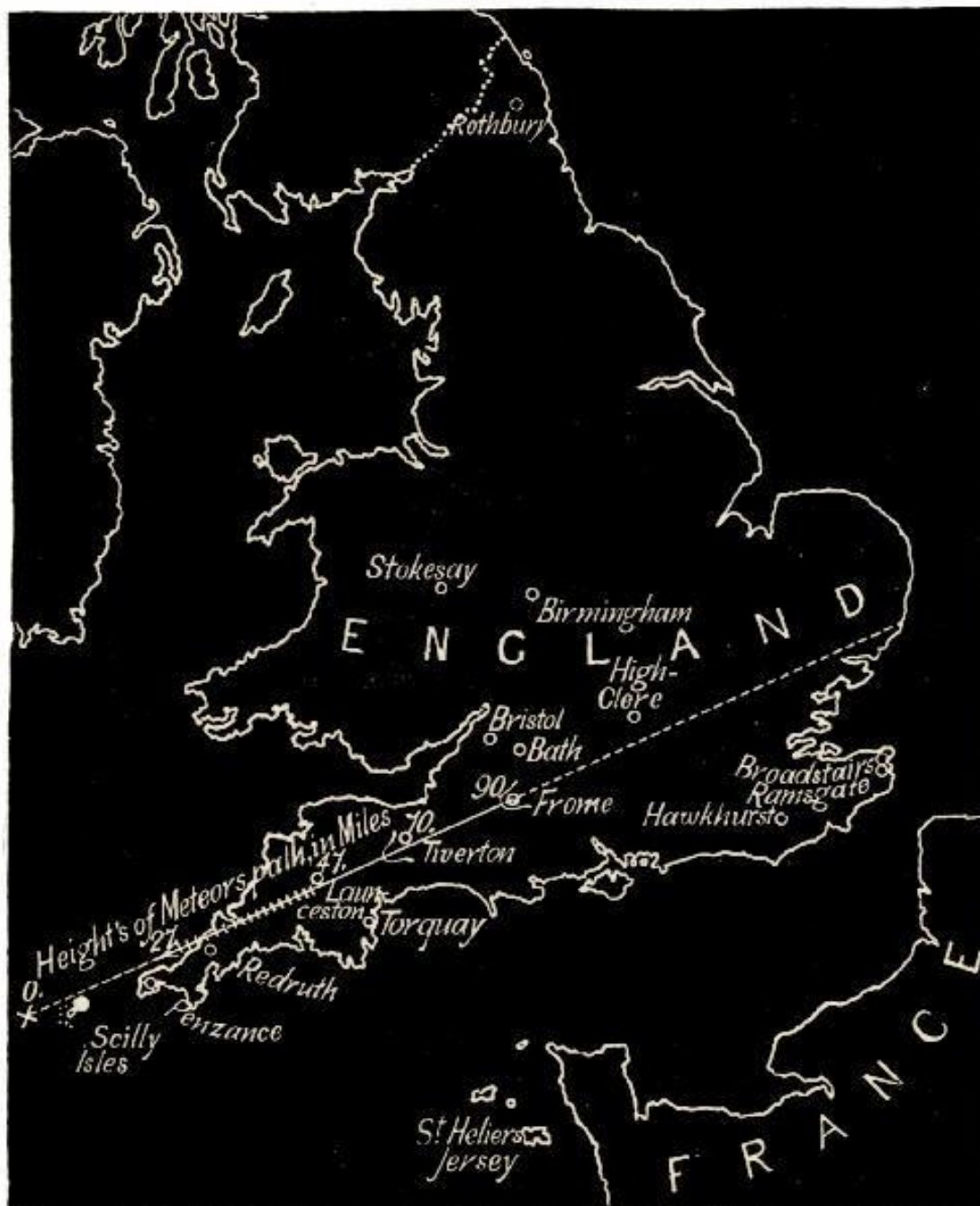


Рис.

75.Траектория полета огненного шара 6 ноября 1869 г.

Маленькие объекты, которые время от времени мелькают в поле зрения телескопа, показывают нам, что существует бесчисленное множество телескопических падающих звезд, слишком маленьких и слишком тусклых, чтобы быть видимыми невооруженным глазом. Все эти объекты рассеиваются описанным нами способом; на самом деле, только в данный момент и в процессе их растворения мы начинаем осознавать их существование. Какими бы маленькими ни были эти ракеты, их скорость настолько огромна, что они сделали

бы землю непригодной для жизни, если бы им позволили беспрепятственно падать на ее поверхность. Поэтому мы должны, помимо других положительных качеств нашей атмосферы, не забывать, что она представляет собой приятный экран, который укрывает нас от урагана снарядов, со скоростью которых не может сравниться никакая артиллерия. На самом деле именно ярость этих ракет является причиной их полного уничтожения. Их стремление поразить нас так велико, что при трении они превращаются в безвредный пар.

После грандиозного метеорита, подобного тому, который мы только что описали, наиболее ярким проявлением, связанным с падающими звездами, является то, что известно как ливень. Эти явления привлекали большое внимание в течение последнего столетия, и они щедро вознаградили потраченный на них труд, сделав некоторые из самых интересных астрономических открытий современности.

Ливни из падающих звезд случаются не очень часто. Несомненно, обостренное восприятие тех, кто особенно внимательно следит за метеорами, обнаружит ливень, когда другие увидят лишь несколько беспорядочно падающих звезд; но, говоря в целом, мы можем сказать, что нынешнее поколение вряд ли могло быть свидетелем более двух или трех таких явлений. Я сам был свидетелем двух сильных ливней, один из которых, в ноябре 1866 года, запечатлелся в моей памяти как великолепное зрелище.

Чтобы начать историю ноябрьских метеоритов, необходимо оглянуться назад почти на тысячу лет. 12 октября 902 года произошла смерть мавританского короля, и в связи с этим событием старый хронист рассказывает, что "в ту ночь было видно, как на копьях, бесконечное количество звезд, которые рассыпались подобно дождю направо и налево, и тот год был назван Годом Звезд".

Сейчас никто не верит, что небеса хотели увековечить смерть короля этим зрелищем. Эта запись, однако, имеет большое значение, поскольку она указывает на 902 год как на тот, в котором произошел сильный ливень из падающих звезд. Астрономы с величайшим интересом восприняли тот факт, что это был первый зарегистрированный случай такого периодического ливня, последние регулярные возвращения которого были замечены в 1799, 1833 и 1866 годах. Дальнейшие тщательные литературные исследования выявили кое-где записи о поразительных появлениях на небесах, которые согласуются с последовательными возвращениями ноябрьских метеоров эмбер. С первого случая, в 902 году, до наших дней было двадцать девять посещений душа; и не исключено, что все они могли быть замечены в некоторых частях земли. Иногда они могли быть свидетелями со стороны дикарей, у которых не было ни желания, ни средств зафиксировать явление, которое для них было источником ужаса. Иногда, однако, эти ливни наблюдались цивилизованными сообществами. Их природа не была понята, но записи были сделаны; и, во всяком случае, в некоторых случаях эти записи выдержали коррозию времени и теперь собраны вместе, чтобы проиллюстрировать этот любопытный предмет. Всего у нас есть исторические упоминания о двенадцати таких ливнях, собранные главным образом благодаря стараниям профессора Х.А. Ньютона, чьи труды внесли такой большой вклад в расширение наших знаний о падающих звездах.

Давайте представим себе рой маленьких объектов, блуждающих в пространстве. Представьте себе косяк сельди в океане, простирающийся на многие квадратные мили и содержащий бесчисленные мириады особей; или подумайте об огромных стаях диких голубей в Соединенных Штатах, о которых нам рассказывал Одюбон. Стая падающих звезд, возможно, гораздо многочисленнее, чем сельди или голуби. Падающие звезды, однако, расположены не очень близко друг к другу; в среднем их разделяет, вероятно, несколько

милей. Таким образом, фактическая масса мелководья огромна, и его размеры измеряются сотнями тысяч миль.

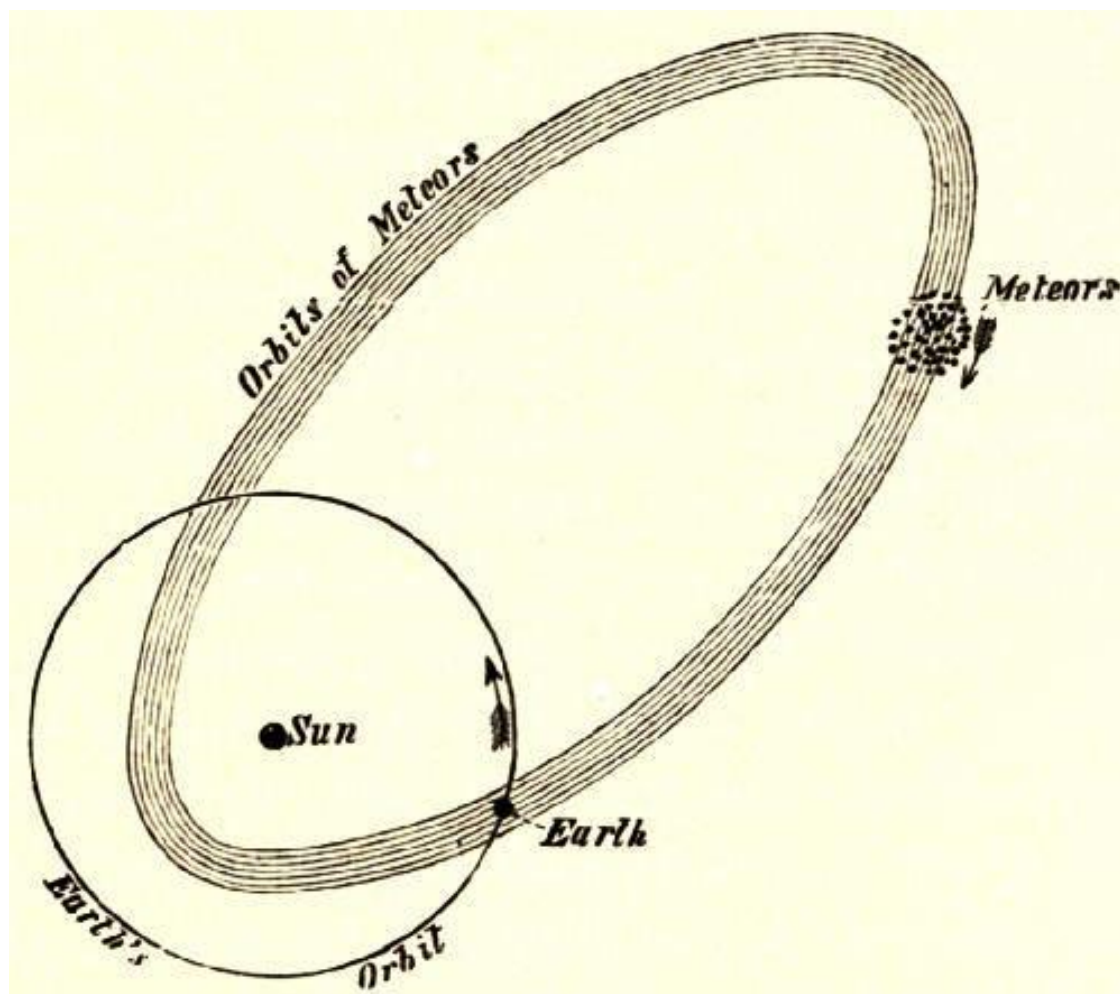


Рис. 76.—

Орбита скопления метеоров.

Метеоры не могут выбирать свой собственный путь, подобно косяку сельди, ибо они вынуждены следовать по маршруту, предписанному им солнцем. Каждый из них движется по своему собственному эллипсу в полной независимости от своих соседей и совершает свой путь протяженностью в тысячи миллионов миль каждые тридцать три года. Мы не можем наблюдать метеоры на протяжении большей части их полета. В этот самый момент бесчисленные мириады этих тел движутся по своему пути. Мы никогда не увидим их, пока земля не поймает их. Каждые тридцать три года земля ловит эти метеориты так же успешно, как рыбак ловит сельдь, и почти таким же образом, ибо в то время как рыбак раскидывает свою сеть, в которой рыбы встречают свою гибель, на земле есть атмосфера, в которой погибают метеориты. Нам говорят, что нет никаких опасений, что сельдь истощится, потому что та, которую ловят рыбаки, ничто по сравнению с тем изобилием, в котором она водится в океане. То же самое мы можем сказать и в отношении метеоров. Их существует такое множество, что, хотя земля поглощает миллионы каждые тридцать три года, остается еще много для будущих ливней. Диаграмма (рис. 76) объяснит, каким образом земля совершает свои захваты. Там мы видим орбиту, по которой наш земной шар движется вокруг Солнца, а также эллиптическую траекторию метеоров, хотя следует отметить, что не совсем удобно рисовать фигуру в точном масштабе, так что траектория метеоров относительно намного больше, чем здесь представлено. Раз в год земля завершает свой оборот и между 13 и 16

ноября пересекает трассу, по которой движутся метеоры. Обычно бывает так, что большой косяк проходит не в этой точке, когда проходит земля. Однако на всем пути встречаются отставшие, и земля обычно ловит нескольких из них в это время. Они врываются в нашу атмосферу в виде падающих звезд и образуют то, что мы обычно называем ноябрьскими метеорами.

Иногда случается так, что, когда земля пересекает трассу, она сталкивается с основной массой метеоров. Затем наш земной шар погружается через мелководье, окутанный, конечно, окружающей воздушной оболочкой. В эту сеть метеориты врываются бесчисленными мириадами, чтобы никогда больше не всплыть. Через несколько часов земля, движущаяся со скоростью восемнадцать миль в секунду, пересекает трассу и появляется на другой стороне, унося с собой трофеи встречи. Несколько метеоров, которые лишь чудом избежали захвата, отныне будут свидетельствовать о столкновении, двигаясь по несколько иным орбитам, но остальные метеоры из скопления продолжают свое путешествие без перерыва; возможно, миллионы были захвачены, но, вероятно, остались сотни миллионов.

Таково было событие, поразившее мир в ночь с 13 на 14 ноября 1866 года. Затем мы нырнули в середину отдели. Ночь была прекрасная; луны не было. Метеоры отличались не только своим огромным количеством, но и своим внутренним величием. Я никогда не забуду ту ночь. В тот памятный вечер я был занят своим обычным делом в то время - наблюдением туманностей с помощью большого телескопа-рефлектора лорда Росса. Я, конечно, знал, что был предсказан метеоритный дождь, но ничто из того, что я слышал, не подготовило меня к великопечному зрелищу, которое должно было развернуться так скоро. Было около десяти часов вечера, когда восклицание дежурного рядом со мной заставило меня оторвать взгляд от телескопа, как раз вовремя, чтобы увидеть прекрасный метеор, пронесшийся по небу. Вскоре за ним последовал еще один, а затем еще по двое и по трое, что показало, что предсказание о сильном ливне, вероятно, подтвердилось. В это время граф Росс (тогда еще лорд Оксмантаун) присоединился ко мне у телескопа, и после короткого перерыва мы решили прекратить наши наблюдения за туманностями и подняться на верхнюю часть стенки большого телескопа (*рис. 7*, стр. 18), откуда можно было получить ясный обзор всего небесного полушария. Там в течение следующих двух или трех часов мы были свидетелями зрелища, которое никогда не изгладится из моей памяти. Количество падающих звезд постепенно увеличивалось, пока иногда не появлялось сразу несколько. Иногда они проносились над нашими головами, иногда справа, иногда слева, но все они расходились с востока. По мере того, как ночь продолжалась, созвездие Льва поднялось над горизонтом, и тогда был раскрыт замечательный характер ливня. Все следы метеоров расходились от Льва. (См. Рис. 74, стр. 368.) Иногда казалось, что метеор летит почти прямо к нам, и тогда его путь был настолько укорочен, что он имел едва заметную длину и выглядел как обычная неподвижная звезда, набирающая яркость, а затем так же быстро исчезающая. Иногда светящиеся шлейфы задерживались на много минут после того, как метеор проносился над ними, но подавляющее большинство шлейфов в этом ливне были недолговечными. Было бы невозможно сказать, сколько тысяч метеоров было замечено, каждый из которых был достаточно ярким, чтобы вызвать восхищение в любую обычную ночь.

На соседнем рисунке (рис. 77) показано, каким удивительным образом падающие звезды этого ливня расходились от точки. Не следует предполагать, что все эти объекты были видны в один и тот же момент. Наблюдателю за ливнем предоставляется карта той части неба, на которой появляются падающие звезды. Затем он фиксирует свое внимание на одной конкретной падающей звезде и внимательно наблюдает за ее траекторией относительно

неподвижных звезд в окрестностях. Затем он рисует линию на своей карте в том направлении, в котором двигалась падающая звезда. Повторяя то же наблюдение для нескольких других падающих звезд, относящихся к ливню, его карта вряд ли сможет не показать, что почти все их различные траектории тянутся от одной точки или области рисунка. Есть, правда, несколько непостоянных, но большинство соблюдает этот закон. На первый взгляд, это действительно выглядит так, как будто все падающие звезды действительно устремились из этой точки; но небольшое размышление покажет, что это тот случай, когда реальное движение отличается от видимого. Если бы действительно существовала точка, от которой эти метеоры расходились, то из разных частей земли эта точка была бы видна в разных положениях относительно неподвижных звезд; но это не так. Радиант, как называется эта точка, виден в той же части небес, с какой бы станции ни был виден ливень.

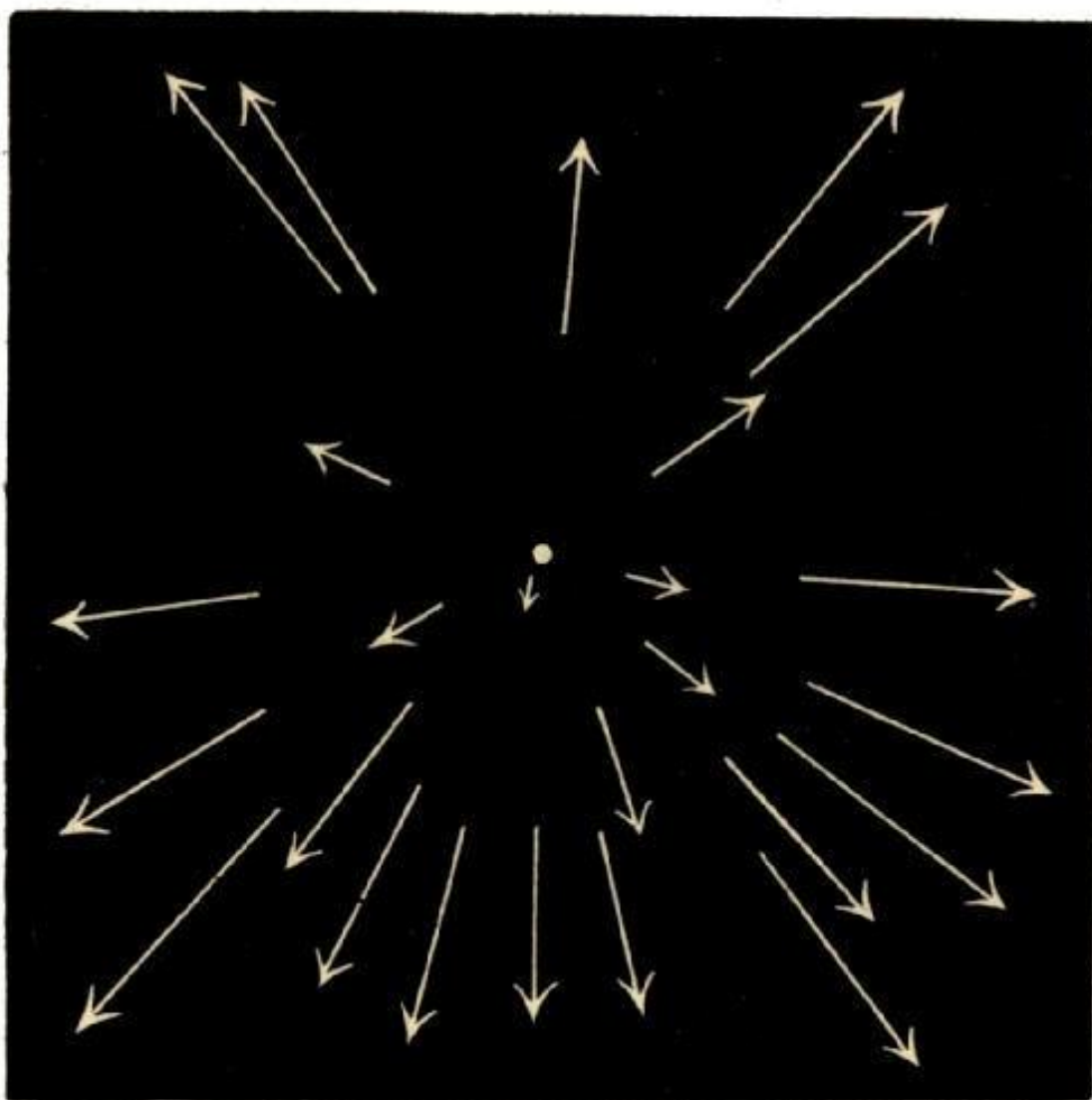


Рис. 77. Точка

излучения падающих звезд.

Таким образом, мы вынуждены принять простое объяснение, которое дает теория перспективы. Те, кто знаком с принципами этой науки, знают, что когда на чертеже необходимо изобразить несколько параллельных линий в объекте, все они должны проходить через одну и ту же точку на плоскости рисунка. Когда мы смотрим на падающие звезды, мы видим проекции их траекторий на поверхности небес. Исходя из того факта, что

эти траектории проходят через одну и ту же точку, мы должны сделать вывод, что падающие звезды, принадлежащие к одному и тому же ливню, движутся параллельными линиями.

Теперь мы можем установить фактическое направление, в котором движутся падающие звезды, потому что линия, проведенная от глаза наблюдателя к точке излучения, должна быть параллельна этому направлению. Конечно, это не предназначено для передачи идеи о том, что во всем пространстве падающие звезды одного ливня движутся параллельными линиями; все, что мы имеем в виду, это то, что в течение короткого времени, в течение которого мы их видим, движение каждой из падающих звезд представляет собой ощутимо прямую линию, и что все эти прямые параллельны.

В 1883 году огромная метеоритная стая Леонидов (так называется этот ливень) достигла наибольшего расстояния от солнца, а затем начала возвращаться. Каждый год земля пересекала орбиту метеоров, но скопление не было замечено, и не было замечено никакого заслуживающего внимания звездного дождя. Каждый последующий год обнаруживал, что количество метеоров приближается к критической точке, и в 1899 году косяк вышел на траекторию движения земли. В том году ожидался блестящий метеоритный дождь, но результат далеко не оправдал ожиданий. Стая метеоров имеет такую огромную длину, что требуется больше года, чтобы могучая процессия прошла критический участок своей орбиты, который проходит поперек земной траектории. Таким образом, мы видим, что метеориты не могут покинуть землю. Может случиться так, что, когда мелководье начнет приближаться к этому району, земля как раз сойдет с этой части своего пути, и пройдет год, прежде чем земля снова совершит оборот. Те метеориты, которым посчастливилось оказаться в начале косяка, таким образом, ускользнут от сети, но некоторым из тех, кто остался позади, повезет меньше, и земля снова поглотит невероятное множество. Иногда случалось, что забросы на мелководье были получены в течение двух лет подряд. Если земле случилось пройти через переднюю часть за один год, то косяк настолько велик, что земля совершит полный оборот по своей орбите в 600 000 000 миль и снова проскочит критическую точку прежде, чем пройдет все это количество. История содержит записи о случаях, когда в течение двух последовательных ноябрьских периодов наблюдались яркие ливни Леонидов.

Поскольку земля поглощает такие мириады леонидов каждые тридцать три года, отсюда следует, что общее число должно уменьшаться. Это обстоятельство, без сомнения, повлияет на величие ливней в будущие эпохи. Они не могут всегда быть такими яркими, как раньше. Интересно также отметить, что форма скопления постепенно меняется. Каждый метеор в скоплении движется по своему собственному эллипсу вокруг солнца и совершенно независим от остальных этих тел. Таким образом, каждый из них имеет особый период обращения, который зависит от длины эллипса, по которому он вращается. Два метеора будут вращаться вокруг солнца за одно и то же время, если длины их эллипсов в точности равны, но не иначе. Длины этих эллипсов составляют многие сотни миллионов миль, и невозможно, чтобы все они были абсолютно равны. В этом можно обнаружить причину постепенного изменения характера ливня. Предположим, что два метеора А и В таковы, что А совершает полный оборот за тридцать три года, в то время как В - за тридцать четыре года. Если эти двое стартуют вместе, то, когда А закончит первый раунд, В будет отставать на год; в следующий раз В будет отставать на два года, и так далее. Этот случай в точности аналогичен случаю с несколькими мальчиками, которые стартуют в длинном забеге, в котором им приходится пробежать несколько раз по кругу, прежде чем преодолеть дистанцию. Сначала все они стартуют группой, и, возможно, в течение одного-двух первых раундов они могут оставаться в сравнительной близости; однако постепенно более быстрые бегуны выходят вперед, а более медленные отстают, так что группа становится удлинённой.

По мере продолжения гонки скопление рассеивается по всей трассе, и, возможно, первый мальчик даже обгонит последнего. Похоже, такова судьба ноябрьских метеоров в грядущие эпохи. Со временем скопление будет разбросано по всему этому мощному треку, и больше не будет необходимости каждые тридцать три года записывать великолепные выступления.

Именно в связи с ноябрьским метеорным дождем 1866 года профессором Адамсом было сделано очень интересное и красивое открытие в математической астрономии. Мы видели, что Леониды, должно быть, движутся по эллиптической траектории и что они возвращаются каждые тридцать три года, но телескоп не может следить за ними во время их странствий. Все, что мы знаем из наблюдений, - это дата их появления, точка на небесах, из которой они исходят, и великое возвращение каждые тридцать три года. Сложив эти различные факты вместе, можно определить эллипс, по которому движутся метеоры — не совсем точно: факты не заходят так далеко — они только говорят нам, что эллипс должен быть одной из пяти возможных орбит. Этими пятью возможными орбитами являются: во—первых, огромный эллипс, по которому, как мы теперь знаем, действительно вращаются метеориты, и для завершения оборота по которому им требуется целых тридцать три года; во-вторых, почти круговая орбита, очень немногим превышающая путь Земли, которую метеоры преодолевали бы за несколько дней больше, чем за год; еще одна подобная орбита, на которой время было бы на несколько дней меньше годового; и две другие небольшие эллиптические орбиты, лежащие внутри орбиты Земли. Профессор Ньютон из Нью-Хейвена, США, ясно продемонстрировал, что наблюдаемые факты были бы объяснены, если бы метеоры двигались по любой из этих траекторий, но что они не могут быть объяснены никакой другой гипотезой. Оставалось выяснить, какая из этих орбит истинная. Профессор Ньютон сам предложил возможный метод решения проблемы. Тест, который он предложил, был довольно сложным, поскольку требовал определенных сложных вычислений в теории возмущений. К счастью, однако, профессор Адамс предпринял расследование, и благодаря его успешным трудам путь Леонидов был полностью выяснен.

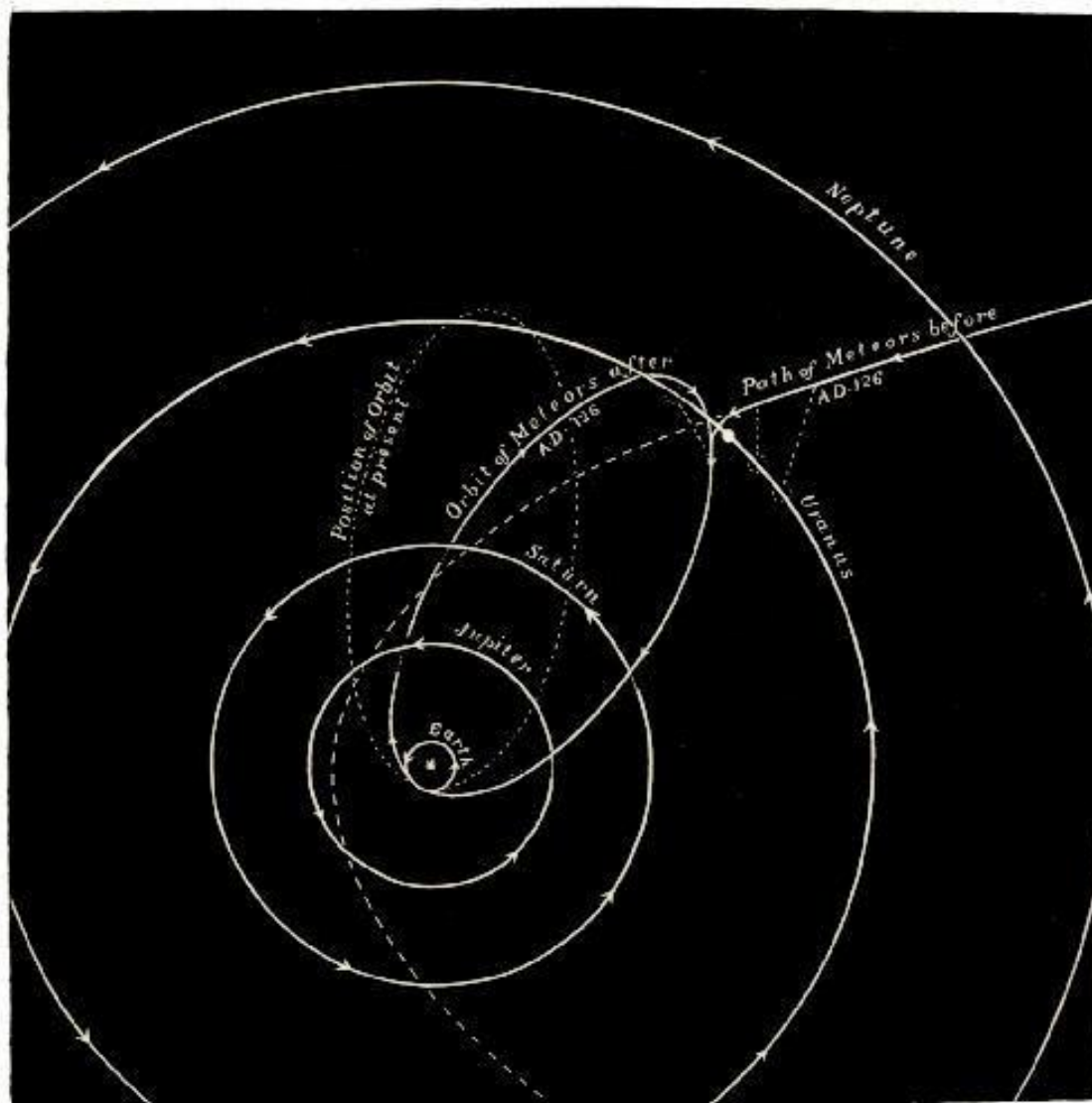


Рис. 78.—

История Леонидов.

Когда были изучены древние записи о появлении великих ливней Леонида, было обнаружено, что дата их возникновения претерпевает постепенные и непрерывные изменения, которые профессор Ньютон зафиксировал на уровне одного дня за семьдесят лет. Необходимым следствием этого является то, что точка, в которой траектория метеоров пересекается с земной трассой, не является фиксированной, но при каждом последующем возвращении они пересекаются в точке примерно на полградуса дальше в направлении, в котором движется земля. Из этого следует, что орбита, по которой вращаются метеоры, претерпевает изменения; путь, по которому они совершают один оборот, незначительно отличается от того, по которому они совершают следующий. Поскольку, однако, эти изменения происходят в одном и том же направлении, они могут постепенно достигать значительных размеров; и величину изменений, которые происходят на пути метеоров по прошествии столетий, можно оценить по двум эллипсам, показанным на рис. 78. Непрерывной линией обозначена орбита в 126 году н.э.; пунктирной линией обозначена она в настоящее время.

Это безошибочное изменение орбиты астрономы связывают с тем, что мы уже называли возмущением. Несомненно, что эллиптическое движение этих тел обусловлено солнцем, и

что если бы на них действовало только солнце, эллипс оставался бы абсолютно неизменным. Таким образом, в этом постепенном изменении эллипса мы видим влияние притяжения планет. Было показано, что если метеоры движутся по большой орбите, то это изменение траектории должно быть вызвано притяжением планет Юпитер, Сатурн, Уран и Земля; в то время как если бы метеоры следовали по одной из меньших орбит, планетами, которые были бы достаточно близки и массивны, чтобы оказывать на них разумное воздействие, были бы Земля, в том числе и Юпитер. Итак, здесь мы видим, как на этот вопрос можно ответить с помощью расчета. Трудно, но возможно рассчитать, к чему могло бы привести притяжение планет для каждого из пяти различных предположений относительно орбиты. Именно это и сделал Адамс. Он обнаружил, что если бы метеоры двигались по большой орбите, то две трети наблюдаемого изменения приходилось бы на притяжение Юпитера, в то время как оставшаяся треть была бы обусловлена влиянием Сатурна, дополненного небольшим дополнением за счет Урана. Таким образом, расчет показал, что большая орбита была возможной. Профессор Адамс также вычислил величину смещения траектории, которое могло произойти, если бы метеоры вращались по любому из четырех меньших эллипсов. Это исследование было трудным по своему характеру, но результаты с лихвой окупили затраченный труд. Было показано, что при меньших эллипсах было бы невозможно получить смещение даже в половину того, которое наблюдалось. Следовательно, эти четыре орбиты должны быть отвергнуты. Таким образом, была завершена демонстрация того, что метеоры вращаются по большой траектории.

Движения в каждом обороте управляются законами Кеплера. На участке своего пути, наиболее удаленном от Солнца, скорость метеора минимальна и составляет тогда немногим более миль в секунду; по мере приближения скорость постепенно увеличивается, пока, когда метеор пересекает земной путь, его скорость не становится не менее двадцати шести миль в секунду. Земля движется почти в противоположном направлении со скоростью восемнадцать миль в секунду, так что, если метеорит случайно попадает в земную атмосферу, он делает это с огромной скоростью - почти сорок четыре миль в секунду. Если столкновения удастся избежать, то метеор возобновит свое дальнейшее путешествие с постепенно снижающейся скоростью, и к тому времени, когда он завершит свой кругооборот, пройдет тридцать три года с четвертью.

Бесчисленные метеоры, образующие Леониды, расположены в огромном потоке, ширина которого очень мала по сравнению с его длиной. Если мы представим орбиту эллипсом, длина которого равна семи футам, то метеорный поток будет представлен нитью из тончайшего шелка для шитья, длиной около полутора-двух футов, стелющейся по орбите. [34] Размер этого потока можно оценить, исходя из того, что даже его ширина не может быть меньше 100 000 миль. Его длину можно оценить исходя из того обстоятельства, что, хотя его скорость составляет около двадцати шести миль в секунду, все же потоку требуется около двух лет, чтобы пройти точку, где его орбита пересекает траекторию Земли. В памятную ночь с 13 на 14 ноября 1866 года земля погрузилась в этот поток у самого его истока и вынырнула на другой стороне только пять часов спустя. В это время случилось так, что полушарие земли, находившееся впереди, содержало континенты Европа, Азия и Африка, и, следовательно, великий ливень был замечен именно в Старом Свете. В тот день, двенадцать месяцев назад, когда земля вернулась на прежнее место, отмель еще не совсем прошла, и земля сделала еще один рывок. На этот раз в фургоне находился американский континент, и, следовательно, именно там был замечен ливень 1867 года. Даже в следующем году великая отмель не прошла полностью, и с тех пор при каждом ежегодном прохождении Земли по этому метеоритному шоссе встречалось несколько отставших на маршруте.

Диаграмма также предназначена для обозначения замечательного предположения, которое было выдвинуто высоким авторитетом Лавуазье с целью объяснить, как косяк попал в солнечную систему. Орбита, по которой вращаются метеоры, не пересекается с траекториями Юпитера, Сатурна или Марса, но она пересекает орбиту Урана. Иногда должно случиться так, что Уран проходит через эту точку своего пути как раз в тот момент, когда туда прибывает косяк. Лавуазье продемонстрировал, что такое событие имело место в 126 году н.э., но с тех пор этого не происходило. Таким образом, у нас, кажется, есть ключ к очень удивительной истории, из которой следует, что метеориты попали в нашу систему в названном году. Ожидания или повторения великого ливня 1899 года, которые широко обсуждались и на веских основаниях, не оправдались. Было замечено едва ли более нескольких метеоров обычного типа.

Предполагая, что орбита августовских метеоров представляет собой параболу, Скиапарелли вычислил размеры и положение в пространстве этой орбиты, и когда он рассчитал это, он заметил, что орбита во всех деталях соответствует орбите прекрасной кометы, появившейся летом 1862 года. Это не могло быть простой случайностью. Плоскость, в которой двигалась комета, в точности совпадала с плоскостью, в которой двигались метеоры; точно так же совпадали направления осей их орбит, при этом направление движения одно и то же, и кратчайшее расстояние от солнца до орбиты также в обоих случаях идентично. Это доказало, что должна существовать какая-то глубокая физическая связь между кометами и метеоритными роями. И вскоре было предоставлено дополнительное доказательство этого, когда Лавуазье вычислил орбиту ноябрьских метеоров, поскольку сразу же было замечено, что она в точности совпадает с орбитой кометы, которая прошла свой перигелий в январе 1866 года и период обращения которой, как было установлено, составлял тридцать три года и два месяца.

Среди Леонидов мы иногда видим огненные шары ярче Венеры и даже вдвое меньше видимого размера Луны, вспыхивающие вспышками, подобными молниям, и оставляющие полосы, которые длятся от минуты до часа и более. Но подавляющее большинство из них столь же яркие, как звезды второй, третьей или четвертой величины. Поскольку количество света, испускаемого метеором, зависит от его массы и скорости, мы можем составить некоторое представление о действительном весе одного из этих метеоров, и оказывается, что большинство из них не весят и четверти унции; более того, вполне вероятно, что многие из них не весят и крупинки. Но мы видели, что комета, по всей вероятности, представляет собой не что иное, как очень рыхлый рой мелких частиц, окруженный газом очень малой плотности, и мы также видели, что вещество кометы должно постепенно более или менее рассеиваться в пространстве. Нам еще предстоит рассказать удивительную историю о распаде кометы и о том, что, по-видимому, стало с ее частицами.

В ночь на 27 ноября 1872 года прошел обильный метеоритный дождь. В этот раз падающие звезды расходились от сияющей точки в созвездии Андромеды. Как зрелище это, несомненно, уступало великолепному показу 1866 года, но трудно сказать, какой из двух ливней имел большее научное значение.

Несомненно, это замечательное совпадение, что земля должна столкнуться с Андромедой (ибо так называется этот ливень) в тот самый момент, когда он пересекает траекторию кометы Биелы. Мы наблюдали направление, в котором появляется "Андромеда", когда она погружается в атмосферу; мы можем установить также направление, в котором движется комета Биелы, когда она проходит земной путь, и мы обнаруживаем, что направление, в котором движется комета, и направление, в котором движутся метеоры, идентичны. Само по себе это сильное и почти неопровержимое предположение о том, что комета и падающие

звезды связаны; но это еще не все. У нас есть наблюдения этого роя, относящиеся к восемнадцатому веку, и мы обнаруживаем, что дата его появления изменилась с 6 или 7 декабря на конец ноября в точном соответствии с ретроградным движением точки пересечения орбиты Земли и орбиты кометы Би́лы. Эту комету наблюдали в 1772 году, а затем снова в 1805-1806 годах, прежде чем было обнаружено ее периодическое возвращение каждые семь лет. Он был открыт Би́зой в 1826 году и снова был замечен в 1832 году. В 1846 году астрономический мир был поражен, обнаружив, что теперь вместо одной кометы было две, и два фрагмента снова были замечены при возвращении в 1852 году. В 1859 году комету Би́лы нельзя было увидеть из-за ее неблагоприятного положения по отношению к земле. Никаких следов кометы Би́лы не было замечено в 1865-66 годах, когда также должно было произойти ее возвращение, и с тех пор ее никогда не видели. Таким образом, представляется, что осенью 1872 года настало время для возвращения кометы Би́лы, и, таким образом, великий ливень Андромеды произошел примерно в то время, когда комета Би́лы действительно должна была появиться. Напрашивается неопровержимый вывод, что падающие звезды если и не являются на самом деле частью самой кометы, то, во всяком случае, самым тесным образом связаны с ней. Этот ливень также запомнился телеграммой, отправленной профессором Кли́нкерфьюсом мистеру Погсону в Мадрас. Телеграмма гласила следующее: "Би́ела коснулась земли 27-го. Ищите вблизи Теты Центавра". Погсон действительно искал и нашел комету, но, к сожалению, из-за плохой погоды ему удалось наблюдать за ней только две ночи. Поскольку нам требуются три наблюдения, чтобы определить орбиту планеты или кометы, вычислить орбиту Погсона невозможно, но представляется почти несомненным, что последняя не может быть идентична ни одному из двух компонентов кометы Би́елы. Однако вполне вероятно, что это действительно была комета, двигавшаяся по тому же пути, что и Би́ела и метеоры.

Еще одно проявление метеоров Би́ела состоялось в 1885 году, что дало время для двух полных оборотов роя с 1872 года. Зрелище 27 ноября 1885 года было великолепным; профессор Нью́тон подсчитал, что во время максимума метеоры падали со скоростью 75 000 в час. В 1892 году комета должна была снова вернуться в перигелий, но в том году 27 ноября не было замечено ни одного метеора, в то время как многие были замечены 23 ноября из того же радианта. Изменение точки пересечения орбиты метеоров и орбита Земли обозначена эта разница в четыре дня был найден Bredichin быть из-за возмущающего действия Юпитера о движении Роя.

Примечательно, что мощные метеоритные дожди, по-видимому, еще ни разу не запускали ракету, достигшую поверхности Земли. Из мириадов Леонидов, Персеид или Андромеды ни одна частица никогда не была захвачена и идентифицирована. [35] Те тела, которые падают с неба на землю и которые мы называем метеоритами, по-видимому, происходят не от сильных ливней, насколько нам известно. Они действительно могут иметь происхождение, совершенно отличное от происхождения периодических метеоров.

Несколько любопытно, что вера в небесное происхождение метеоритов растет все медленнее. В древние времена, без сомнения, ходили слухи о чудесных камнях, упавших с небес на землю, но этим сообщениям, по-видимому, мало верили. Столетие назад они считались совершенно невероятными, хотя на этот счет имелось множество свидетельств. Очевидцы утверждали, что видели падение камней. Сами тела были непохожи на другие объекты по соседству, и были даже подтверждены случаи, когда эти небесные гости убивали людей.

Несомненно, наблюдения, как правило, проводились невежественными и неграмотными людьми. Подлинные части записи были настолько перемешаны с вымышленными

дополнениями, что осторожные люди отказывались верить заявлениям о том, что подобные объекты действительно падали с неба. Даже в наши дни зачастую чрезвычайно трудно получить точные свидетельства по таким вопросам. Например, индус наблюдал падение метеорита в джунглях. Камень был там, его метеоритный характер был несомненен, и свидетеля должным образом допросили относительно деталей происшествия; но он был так напуган шумом и опасностью, от которой, как он полагал, чудом избежал сам, что почти ничего не мог рассказать. Однако он был уверен, что метеорит два часа преследовал его по джунглям, прежде чем упасть на землю!

В 1794 году Хладни опубликовал отчет о замечательной массе железа, которую путешественник Паллас обнаружил в Сибири. Тогда впервые было признано, что этот объект и другие подобные ему, должно быть, имели небесное происхождение. Но даже репутация Хладни и аргументы, которые он приводил, не смогли заручиться всеобщим согласием. Вскоре после этого в Лондоне был выставлен камень весом в пятьдесят шесть фунтов, который, по словам нескольких свидетелей, они видели, как он упал в Уолд-коттедже в Йоркшире в 1795 году. Впоследствии это тело было передано в нашу национальную коллекцию, а сейчас его можно увидеть в Музее естественной истории в Южном Кенсингтоне. Затем доказательства начали поступать из других источников; было обнаружено, что фрагменты камня из Италии и Бенареса имеют идентичный состав с йоркширским камнем. Недоверие тех, кто сомневался в небесном происхождении этих объектов, начало ослабевать. Подробные мемуары Говарда о Бенаресском метеорите были опубликованы в "Philosophical Transactions" за 1802 год, в то время как, словно в довершение демонстрации, в следующем году в Л'Эгле, в Нормандии, обрушился сильный каменный дождь. Французская академия поручила физику Био посетить местность и провести детальное изучение обстоятельств, при которых произошел этот памятный ливень. Его исследование устранило все следы сомнений, и метеоритные камни, соответственно, были переданы из области геологии в область астрономии. Можно отметить, что признание небесного происхождения метеоритов произошло одновременно с открытием первой из малых планет. В каждом случае наши знания о Солнечной системе расширялись за счет добавления множества мельчайших тел, которые, несмотря на свои незначительные размеры, богаты информацией.

Когда возможность камнепадов была допущена, мы можем обратиться к древним записям и приписать им ту заслугу, которую они заслуживают, которая скрывалась на протяжении стольких веков. Возможно, самым ранним из всех этих камнепадов, о котором можно сказать, что он имеет большие претензии на историческую достоверность, является ливень, который Ливий описывает как обрушившийся примерно в 654 году до нашей эры на гору Альбан, недалеко от Рима. Среди более современных примеров мы можем упомянуть один, который был подтвержден очень убедительным образом. Это произошло в 1492 году в Энсисхайме, в Эльзасе. Император Максимилиан приказал составить подробный отчет об обстоятельствах происшествия и поместить его вместе с камнем в церкви. Камень пролежал в церкви три столетия, пока во время Французской революции его не увезли в Кольмар, и от него откололи куски, один из которых сейчас находится в нашей национальной коллекции. К счастью, этот интересный объект был восстановлен на своем древнем месте в церкви в Энсисхайме, где он и по сей день остается достопримечательностью для туристов. Отчет следующий: "В год от Рождества Христова 1492, в среду перед Днем Святого Мартина, 7 ноября, произошло необычайное чудо, ибо между одиннадцатью часами и полуднем раздался громкий раскат грома и продолжительный неясный шум, который был слышен на большом расстоянии, и в округе Энсисхайм с воздуха упал камень весом в 260 фунтов, и неясный шум был в других местах намного громче, чем здесь. Затем мальчик увидел, как она

упала на вспаханную землю в верхнем поле по направлению к Рейну и Иллю, недалеко от округа Гисган, которая была засеяна пшеницей, и она не причинила никакого вреда, за исключением того, что проделала там яму; а затем они перенесли ее с того места, и от нее отломилось много кусков, что земельный фогт запретил. Поэтому они приказали поместить его в церковь с намерением приостановить его как чудо, и сюда приходило много людей, чтобы увидеть этот камень, поэтому было много замечательных разговоров об этом камне; ученые говорили, что они не знают, что это было, ибо это было за пределами обычного хода природы, чтобы такой большой камень упал с высоты воздуха, но что это действительно было чудо от Бога, ибо до того времени никогда ничего подобного не слышали, не видели и не писали. Когда они нашли этот камень, он вошел в землю на половину роста человека, что, как все объяснили, было волей Божьей на то, чтобы он был найден, и шум от этого был слышен в Люцерне, в Филлингене и во многих других местах, такой громкий, что люди подумали, что дома перевернулись; и поскольку король Максимилиан был здесь, в понедельник после Дня Святой Екатерины того же года его королевское превосходительство приказал перенести упавший камень в замок и после долгой беседы обсудив это со знатью, он сказал, что жители Энсисхайма должны забрать его и приказать повесить в церкви и никому не позволять брать с него что-либо. Его превосходительство, однако, взял две его части, одну из которых оставил себе, а другую отправил герцогу Сигизмунду Австрийскому, и было много разговоров об этом камне, который был подвешен на хорах, где он находится до сих пор, и очень много людей приходило посмотреть на него ".

Признавая небесное происхождение метеоритов, они, несомненно, требуют нашего самого пристального внимания. Они предоставляют единственный прямой метод, которым мы располагаем, для получения знаний о материалах тел, находящихся за пределами нашей планеты. Мы можем взять метеорит в руки, проанализировать его и найти элементы, из которых он состоит. Мы не будем пытаться вдаваться в какое-либо очень подробное описание структуры метеоритов; это скорее вопрос для рассмотрения химиками и минералогами, чем астрономами. Нам потребуется лишь несколько наиболее очевидных характеристик. Они послужат предварительными к обсуждению вероятного происхождения этих тел.

В Музее естественной истории в Южном Кенсингтоне мы можем осмотреть великолепную коллекцию метеоритов. Они были собраны вместе со всех уголков земли и различаются по размеру от тел, не намного превышающих булавочную головку, до огромных масс весом во много сотых килограммов. Есть также модели знаменитых метеоритов, оригиналы которых разосланы по различным другим музеям.

Многие метеориты не имеют ничего примечательного во внешнем виде. Если бы их встретили на морском пляже, то мимо них прошли бы без особого внимания, чем мимо любого другого камня. И все же, какую историю мог бы поведать нам метеорит, если бы нам только удалось его добыть! Он упал; было видно, как он падал с неба; но каков был его курс до этого движения? Где он был 100 лет назад, 1000 лет назад? Через какие области космоса он странствовал? Почему оно никогда не падало раньше? Почему оно на самом деле упало сейчас? Таковы некоторые из вопросов, которые возникают у нас, когда мы размышляем над этими наиболее интересными телами. Некоторые из этих объектов состоят из очень характерных материалов; возьмем, к примеру, один из более поздних находок, известный как сидерит Роутона. Это тело очень сильно отличается от более обычного вида каменного метеорита. Это объект, мимо которого даже случайный прохожий вряд ли прошел бы незамеченным. Его большой вес также привлек бы внимание, в то время как если бы его поцарапать или потереть напильником, то оказалось бы, что это масса почти чистого железа.

Мы знаем обстоятельства, при которых этот кусок железа упал на землю. 20 апреля 1876 года, около 3:40 пополудни, странный грохочущий звук, за которым последовал оглушительный взрыв, был слышен на территории протяженностью в несколько миль среди деревень в Шропшире, в восьми или десяти милях к северу от Рекина. Примерно через час после этого происшествия фермер заметил, что земля на одном из его лугов была потревожена, и он исследовал дыру, проделанную метеоритом, и обнаружил ее, все еще теплую, примерно в восемнадцати дюймах под поверхностью. Несколько человек, работавших на небольшом расстоянии, слышали шум, производимый при его падении. Этот заметный объект весит 7-3/4 фунта. Это неправильная угловатая масса железа, хотя все ее края, кажется, были закруглены в результате плавления при прохождении по воздуху. Он покрыт толстой черной пленкой магнитного оксида железа, за исключением того места, где он впервые ударился о землю. Герцог Кливлендский, в собственность которого она попала, впоследствии подарил ее нашему национальному учреждению, о котором уже упоминалось, где, как сидерит Роутона, она привлекает внимание всех, кто интересуется этими замечательными телами.

Этот сидерит особенно интересен своим отчетливо металлическим характером. Падения объектов этого конкретного типа не так часты, как падения каменных метеоритов; фактически, известно лишь несколько случаев, когда падали метеоритные железки, в то время как наблюдаемые падения каменных метеоритов исчисляются десятками или сотнями. Напрашивается вывод, что железные метеориты встречаются гораздо реже, чем каменные. Однако у посетителя музея, скорее всего, сложится не такое впечатление. В этой обширной коллекции метеоритные утюги, безусловно, являются самыми поразительными объектами. Объяснение несложное. Эти гигантские массы железа, несомненно, метеоритного происхождения: никто не сомневается, что это так. Однако подавляющее большинство из них никогда не видели падающими; их просто обнаружили при обстоятельствах, которые безошибочно указывают на их метеоритную природу. Предположим, например, что путешественник на одной из равнин Сибири или Центральной Америки находит массу металлического железа, лежащего на поверхности земли, какое объяснение можно дать такому явлению? Никто не привозил туда железо, и в радиусе сотен миль нет никакого железа. Человек никогда не создавал этот предмет, и обнаружено, что железо сплавлено с никелем способом, который всегда наблюдается в известных метеоритах и обычно рассматривается как верный признак метеоритного происхождения. Заметьте также, что, поскольку железо погибает от коррозии в нашей атмосфере, эта огромная масса железа не могла пролежать там неопределенное время; она должна была быть помещена туда в какое-то конечное время. Возможен только один источник возникновения такого объекта; должно быть, он упал с неба. На тех же равнинах каменные метеориты также падали сотнями и тысячами, но со временем они рассыпаются и в любом случае не привлекли бы внимания путешественника, как это, вероятно, делают утюги. Отсюда следует, что, хотя каменные метеориты, по-видимому, падают гораздо чаще, все же, если их действительно не наблюдать в момент падения, на них гораздо больше шансов остаться незамеченными, чем на метеоритное железо. Следовательно, наиболее заметными предметами британской коллекции являются метеоритные утюги.

Мы уже говорили, что падение сидерита Роутона сопровождалось шумом, и есть записи о том, что при падении метеорита в Энсисхайме произошел громкий взрыв. В этом мы видим характерную черту явления. Почти все падения метеоритов, которые наблюдались, по-видимому, были вызваны детонацией. Мы, однако, не утверждаем, что это совершенно неизменная особенность; и это также тот случай, когда метеориты часто взрываются, не выбрасывая вниз никаких твердых фрагментов, которые были собраны. Насилие, связанное

с этим явлением, убедительно иллюстрируется метеоритом Буцура. Этот объект упал в Индии в 1861 году. Был слышен громкий взрыв, с расстояния трех-четырех миль друг от друга было собрано несколько каменных обломков, и когда их собрали вместе, оказалось, что они подходят друг другу так, чтобы можно было восстановить примитивную форму метеорита. Не хватает нескольких фрагментов (они, без сомнения, были утеряны при падении незамеченными в местах, из которых их невозможно было извлечь), но мы получили фрагментов, достаточно многочисленных, чтобы составить хорошее представление о неправильной форме объекта до того, как произошел взрыв, разнесший его на фрагменты. Это один из обычных каменных метеоритов, и поэтому он отличается от сидерита Роутона, который мы только что рассматривали. Существуют также другие типы метеоритов. Брейтенбахское железо, как его еще называют, является хорошим представителем класса этих тел, которые занимают промежуточное положение между метеоритным железом и камнями. Она состоит из крупноячеистой массы железа, полости которой заполнены минеральными веществами. В музее показаны секции промежуточных форм, в которых представлена эта структура.

Сначала взглянем на наиболее очевидные характеристики этих метеоритов. Сейчас мы имеем в виду не их химический состав, а их внешний вид. Какова самая примечательная особенность в форме этих объектов? — несомненно, это то, что они представляют собой фрагменты. Очевидно, это куски, *отломанные* от какого-то более крупного предмета. Это очевидно, если просто взглянуть на их форму; это становится еще более очевидным, когда мы исследуем их механическую структуру. Часто обнаруживается, что сами метеориты состоят из более мелких фрагментов. Такую структуру можно проиллюстрировать на примере фрагмента азролита, найденного в Сьерра-де-Чако, весом около 30 фунтов. (Рис. 79).

Представленный здесь разрез показывает составную структуру этого объекта, который относится к классу каменных метеоритов. Его форма показывает, что на самом деле это был фрагмент с угловатыми краями. Без сомнения, она могла быть гораздо более значительной, когда он впервые ворвался в атмосферу. Угловатые края, которые сейчас видны на внешней стороне, могут быть результатом взрыва, который тогда произошел; но это не повлияет на структуру интерьера. Там мы видим неправильные куски разнообразной формы и материала, слипшиеся в единую массу. Если мы хотим найти аналогичные объекты на земле, мы должны обратить внимание на некоторые вулканические породы, где мы имеем множество неправильных угловатых фрагментов, сцементированных вместе матрицей, в которую они встроены. Доказательства, представленные этим метеоритом, убедительны в отношении одного обстоятельства, касающегося происхождения этих объектов. Они, должно быть, произошли в виде фрагментов от какого-то тела значительных, если не огромных, размеров. В этом метеорите есть множество мелких крупинок железа, смешанных с минеральными веществами. Железо во многих метеоритах действительно имеет свойства, напоминающие те, которые образуются при фактическом взрыве железа динамитом. Таким образом, было обнаружено, что крупный железный метеорит из Бразилии действительно был разбит на фрагменты за некоторое время до его падения на землю. Эти фрагменты были снова сцементированы неправильной формы прожилками минеральных веществ.

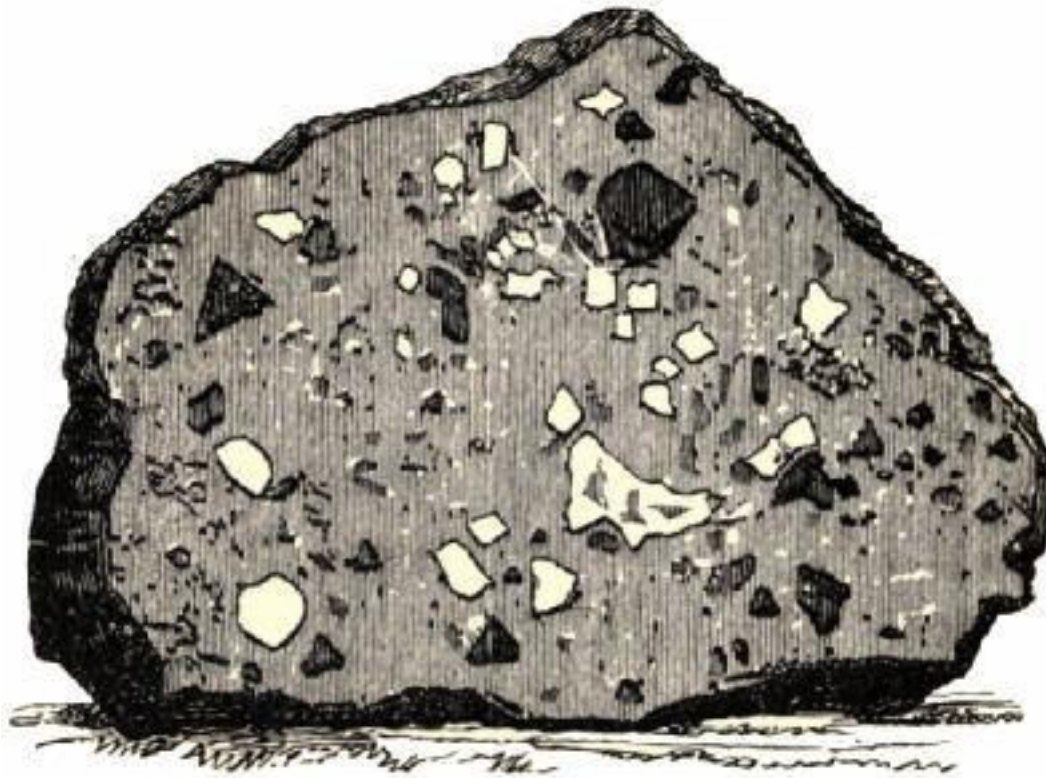


Рис. 79.Разрез

метеорита Чако.

Для обозначения аэролита совсем другого типа мы можем сослаться на углеродистый метеорит Оргей, который упал во Франции 14 мая 1864 года. Во время его падения был замечен великолепный метеор, по размерам сравнимый с полной луной. Фактический диаметр этого огненного шара, должно быть, составлял несколько сотен ярдов. Почти сотня фрагментов тела были найдены разбросанными по участку местности длиной в пятнадцать миль. Этот объект представляет особый интерес, поскольку он принадлежит к редкой группе аэролитов, в которых отсутствует металлическое железо. Он содержит многие из тех же минералов, которые встречаются в других метеоритах, но в этих фрагментах они *связаны с углеродами* с веществами белого или желтоватого кристаллизующегося материала, растворимыми в эфире и напоминающими некоторые углеводороды. Такое вещество, если бы его не видели падающим на землю, вероятно, сочли бы продуктом животной или растительной жизни!

Мы указывали, как тело, движущееся с большой скоростью и ударяющееся о воздух, может раскалиться докрасна или добела или даже превратиться в пар. Как же тогда получается, что метеориты избегают этого огненного испытания и падают на землю, без сомнения, с огромной скоростью, но все же гораздо меньшей, чем та, которой было бы достаточно, чтобы превратить их в пар? Если бы, например, сидерит Роутона врезался в нашу атмосферу со скоростью двадцать миль в секунду, кажется бесспорным, что он рассеялся бы под действием тепла, хотя, без сомнения, частицы в конечном итоге слились бы и медленно опустились на землю в виде микроскопических шариков железа. Как метеорит избежал такой участи? Следует помнить, что наша земля также движется со скоростью около восемнадцати миль в секунду, и что *относительная* скорость, с которой метеорит погружается в воздух, определяет степень воздействия трения. Если метеорит столкнется непосредственно с землей, скорость столкновения будет чрезвычайно велика; но может случиться так, что хотя фактические скорости обоих тел огромны, все же относительная

скорость может быть сравнительно небольшой. Во всяком случае, это одно из возможных объяснений падения метеорита на поверхность земли.

В предыдущих частях главы мы показали, что хорошо известные звездные дожди тесно связаны с кометами. Фактически, каждый звездный поток вращается по пути, по которому движется комета, и частицы падающей звезды, по всей вероятности, сами произошли от кометы. Таким образом, ливни падающих звезд имеют тесную связь с кометами, но сомнительно, имеют ли метеориты какую-либо связь с кометами. Уже отмечалось, что никогда не было известно, чтобы метеориты падали во время великих звездных дождей. Известно, что ни одна частица метеорита не упала с бесчисленного множества Леонид или Персеид; насколько нам известно, на Лириды никогда не падал метеорит, как и на Квадрантиды, Геминиды или многие другие ливни, с которыми знаком каждый астроном. Нет никаких оснований связывать метеориты с этими ливнями, и, следовательно, сомнительно, следует ли нам связывать метеориты с кометами.

Что касается происхождения метеоритов, то трудно говорить с какой-либо большой степенью уверенности. Любая теория метеоритов сопряжена с трудностями, поэтому кажется, что единственный открытый для нас путь - это выбрать ту точку зрения на их происхождение, которая кажется наименее невероятной. Мне кажется, что это условие выполняется в теории, выдвинутой австрийским минералогом Чермаком. Он изучил метеориты из богатой коллекции в Вене и пришел к выводу, что "метеориты имели вулканический источник на каком-то небесном теле". Давайте попытаемся продолжить это рассуждение и обсудить проблему, которая может быть сформулирована следующим образом: — Предполагая, что по крайней мере некоторые из метеоритов были выброшены вулканами, на каком теле или телах во Вселенной должны быть расположены эти вулканы? На самом деле это вопрос для астрономов и математиков. Как только минералоги уверяют нас, что эти тела вулканического происхождения, возникает вопрос о расчетах и балансе вероятностей.

Первым шагом в исследовании является четкое осознание динамических условий проблемы. Представьте, что вулкан расположен на планете. Предполагается, что вулкан находится в состоянии извержения, и в одну из своих могучих мук он запускает ракету в воздух: эта ракета поднимется, остановится и снова упадет. Так обстоит дело в настоящее время при извержениях земных вулканов. Известно, что Котопакси выбрасывает огромные камни на огромную высоту, но эти камни обязательно возвращаются на землю. Притяжение земли постепенно преодолевает скорость, вызванную взрывом, и тело падает вниз. Но давайте предположим, что извержение будет еще более сильным и что камни вылетят с планеты на еще большую высоту над ее поверхностью. Предположим, например, что камень следует подбросить на высоту, равную радиусу планеты, тогда сила притяжения уменьшится до одной четвертой от той, которая была у поверхности, и, следовательно, планете будет труднее оттащить камень назад. С увеличением высоты увеличивается не только расстояние, на которое нужно оттащить камень, но и ослабляется эффективность гравитации, так что сложность извлечения камня возрастает вдвойне. Мы уже неоднократно обращались к этому вопросу и показали, что существует определенная критическая скорость, соответствующая каждой планете и зависящая от ее массы и радиуса. Если ракету направить вверх со скоростью, равной этой или большей, то она поднимется и никогда не вернется. Все мы помним "Путешествие на Луну" Жюль Верна, в котором он описал "Колумбиаду" - воображаемую пушку, способную выпускать снаряд со скоростью шесть-семь миль в секунду. Это критическая скорость для земли. Если бы мы могли представить, что воздух

удален, то пушка мощностью в семь миль выбросила бы тело вверх, которое никогда бы не упало.

Большая трудность во взглядах Чермака на вулканическое происхождение метеоритов заключается в огромной начальной скорости, которая требуется. Колумбиада - это миф, и в настоящее время мы не знаем ни одного агента, естественного или искусственного, на земле, адекватного созданию такой ужасающей скорости. Раскаты Кракатау были слышны за тысячи миль, но даже в самых страшных своих муках он не выпускал снарядов со скоростью шесть миль в секунду. Поэтому мы вынуждены задаться вопросом, имеют ли право на происхождение метеоритов какие-либо другие небесные тела. Мы не можем увидеть вулканы ни на каком другом теле, кроме Луны; все остальные тела слишком удалены для столь тщательного осмотра. Кажется ли вероятным, что вулканы на Луне когда-нибудь смогут запускать ракеты, которые упадут на землю?

Это убеждение когда-то поддерживалось выдающимся авторитетом. Масса Луны составляет примерно одну восьмидесятую массы Земли. Было бы неверно утверждать, что критическая скорость проекции изменяется прямо пропорционально массе планеты. Правильный закон заключается в том, что он изменяется прямо пропорционально квадратному корню из массы и обратно пропорционально квадратному корню из радиуса. Таким образом, показано, что скорость, необходимая для отстрела ракеты от Луны, составляет лишь примерно одну шестую от той, которая потребовалась бы для отстрела ракеты от земли. Если бы на поверхности Луны были вулканы мощностью в одну милю, вполне возможно, что они могли бы быть источником метеоритов. Мы видели, как на всей поверхности Луны видны следы интенсивной вулканической активности. Ракета, запущенная таким образом с Луны, несомненно, могла упасть на землю, и не исключено, что некоторые метеориты действительно могли прилететь из этого источника. Однако существует одна большая трудность, связанная с вулканами на Луне. Предположим, что объект был спроецирован таким образом, что под действием земного притяжения, в соответствии с законами Кеплера, он перемещался бы вокруг земли в качестве фокуса. Если мы оставим в стороне возмущения, производимые всеми другими телами, а также возмущения, производимые самой Луной, мы увидим, что метеорит, если он однажды промахнется мимо земли, никогда не сможет упасть на нее. Было бы необходимо, чтобы кратчайшее расстояние от центра Земли до орбиты снаряда было меньше радиуса земли, так что, если лунный метеорит должен упасть на землю, он должен сделать это при первом облете. Полет метеорита с Луны на землю - всего лишь вопрос нескольких дней, и поэтому, поскольку метеориты все еще падают, из этого следует, что они все еще должны постоянно выбрасываться с Луны. Вулканы на Луне, однако, сейчас не активны; наблюдатели уже давно изучают ее поверхность и не находят надежных следов вулканической активности в наши дни. Совершенно исключено, что, на что бы Луна когда-то ни была способна, в настоящее время она все еще может продолжать выбрасывать метеориты. Вполне возможно, что метеорит, сброшенный с Луны в далекой древности, когда ее вулканы были активны, мог под влиянием возмущений других тел системы изменить свою орбиту настолько, что в конце концов он окажется в пределах досягаемости атмосферы и упадет на землю, но в настоящее время Луна ни при каких обстоятельствах не могла бы послать нам метеорит. Поэтому разумно поискать вулканы, соответствующие условиям задачи, в другом месте.

Давайте теперь обратим наше внимание на планеты и рассмотрим обстоятельства, при которых расположенные на них вулканы могли бы выбросить метеорит, который в конечном итоге должен был упасть на землю. Мы не можем видеть планеты достаточно хорошо, чтобы сказать, есть ли на них вулканы или когда-либо были; но почти повсеместное присутствие

тепла в больших небесных массах, кажется, почти не оставляет у нас сомнений в том, что на планетах может быть обнаружена какая-то форма вулканической деятельности. Мы можем сразу отбросить планеты-гиганты, такие как Юпитер или Сатурн: их внешний вид очень непохож на вулканическую поверхность; в то время как их огромная масса заставила бы предположить, что метеориты вылетали с ужасающей скоростью, если им удавалось избежать притяжения планеты. Применяя уже приведенное правило, вулкан на Юпитере должен был бы быть в пять или шесть раз мощнее вулкана на земле. Чтобы избежать этой трудности, мы, естественно, обратимся к меньшим планетам системы; возьмем, к примеру, одну из этого неисчислимого множества малых планет и давайте выясним, на какое расстояние это тело, вероятно, выбросило ракету, которая должна упасть на землю. Некоторые из этих шаров имеют диаметр всего несколько миль. В солнечной системе есть тела настолько маленькие, что очень умеренной скорости было бы достаточно, чтобы ракета вообще улетела от них. Мы, действительно, уже проиллюстрировали этот момент, обсуждая малые планеты. Было высказано предположение, что вулкан, расположенный на одной из малых планет, мог быть достаточно мощным, чтобы отправить метеориты в долгое странствие по космосу, пока глава о несчастных случаях не привела их к столкновению с землей. Нет ничего сложного в том, чтобы допустить, что такие вулканы могут существовать и что они могут быть достаточно мощными, чтобы сталкивать тела с поверхности планеты; но мы должны помнить, что ракеты должны падать на землю, и при этом учитываются динамические соображения, которые заслуживают нашего пристального внимания. Чтобы сконцентрировать наши идеи, мы рассмотрим одну из малых планет, и для этой цели возьмем Цереру. Если метеориту суждено упасть на землю, он должен пройти через узкое кольцо шириной около 8000 миль, которое отмечает траекторию движения земли; ракете недостаточно будет пройти через эклиптику внутри или снаружи кольца, она должна фактически пройти через эту узкую полосу, и тогда, если земля окажется там в тот же момент, метеорит упадет. Следовательно, первое условие, которое необходимо обеспечить, состоит в том, чтобы траектория метеорита пересекала это узкое кольцо. Это должно быть осуществлено путем проецирования из некоторой точки на орбите Цереры. Но на чисто динамических основаниях можно показать, что, хотя вулканическая энергия, достаточная для удаления снаряда от Цереры, может не иметь большого значения, все же, если этот снаряд должен пересечь земной путь, динамические требования случая требуют наличия вулкана на Церере мощностью не менее трех миль. Таким образом, предположение о малой планете мало что дало нам, поскольку мы не обнаружили, что умеренной вулканической мощности было бы достаточно. Но в случае Цереры существует еще одна трудность, поскольку кольцо на эклиптике очень узкое по сравнению с другими измерениями проблемы. Церера находится далеко, и в вулканической практике на Церере потребовалась бы очень большая точность, чтобы направить ракету так, чтобы она просто пересекла это кольцо и не упала ни внутри, ни снаружи, ни сверху, ни снизу. На каждое попадание должно приходиться очень много промахов. Мы попытались произвести расчет с помощью теории вероятностей и обнаружили, что шансы на это событие составляют примерно 50 000 к 1, так что из каждых 50 000 снарядов, выпущенных из точки на орбите Цереры, можно ожидать, что только один снаряд удовлетворит хотя бы первому из условий, необходимых для того, чтобы он когда-либо упал на наш земной шар. Таким образом, очевидно, что есть два возражения против Цереры (и то же самое можно сказать о других малых планетах) как возможного источника метеоритов. Во-первых, несмотря на малую массу планеты, все равно потребовался бы очень мощный вулкан; и, во-вторых, мы вынуждены предположить, что на каждый когда-либо достигший земли вулкан должно было быть выброшено по меньшей мере 50 000. Таким образом, очевидно, что если метеориты действительно были сброшены с какой-то планеты солнечной системы, большой или малой, то вулкан по той или иной

причине должен был быть очень мощным. Таким образом, мы вынуждены задаться вопросом, какая планета обладает по другим признакам наибольшей вероятностью в свою пользу.

Мы, конечно, допускаем, что в настоящее время вулканы на земле совершенно лишены необходимой мощности; но всегда ли земные вулканы были такими слабыми, как в наши более поздние дни? Нет достаточных оснований полагать, что в самые ранние геологические времена вулканическая энергия на земле была намного больше, чем в настоящее время. Мы полностью признаем трудности точки зрения, что метеориты действительно прилетели с земли; но они должны иметь какое-то происхождение, и разумно указать источник, который, по-видимому, имеет наибольшую вероятность в свою пользу. Допустим на мгновение, что в первобытные дни вулканической активности были какие-то могучие толчки, которые выбрасывали ракеты с соответствующей скоростью: эти ракеты поднялись бы, они вышли бы из-под действия земного притяжения, их захватило бы притяжение Солнца, и они были бы вынуждены вечно вращаться вокруг солнца. Несомненно, сопротивление воздуха представляло бы очень большую трудность, но это сопротивление было бы значительно уменьшено, если бы кратер находился на очень большой высоте над уровнем моря, в то время как, если бы огромный объем выбрасываемых газов или паров сопровождал более твердый материал, эффект сопротивления воздуха был бы еще больше уменьшен. Некоторые из этих объектов, возможно, вращались бы по гиперболическим орбитам и отступали бы, чтобы никогда не возвращаться; в то время как другие были бы загнаны на эллиптические траектории. Вокруг солнца эти объекты вращались бы целую вечность, но при каждом обороте — и это важный момент — они пересекали бы точку, из которой были первоначально запущены. Другими словами, каждый объект, спроецированный таким образом с земли, при каждом обороте пересекал бы траекторию движения земли. В этом факте мы имеем огромную вероятность в пользу Земли в отличие от Цереры. Только один выброшенный Церерой метеорит из каждых 50 000, вероятно, пересечет земной путь, в то время как каждый спроецированный на землю метеорит обязательно пересечет его.

Если эта точка зрения верна, то должно существовать множество метеоритов, пересекающих космическое пространство по эллиптическим орбитам вокруг Солнца. Эти орбиты имеют одну общую черту: все они пересекают траекторию движения Земли. Иногда случается, что земля оказывается в этой точке в момент прохождения метеорита; когда это так, долгое путешествие маленького тела заканчивается, и оно падает обратно на землю, с которой рассталось так много веков назад.

Следует подчеркнуть контраст между лунной теорией метеоритов (которую мы считаем невероятной) и земной теорией (которая представляется вероятной). Для лунной теории, как мы видели, было бы необходимо, чтобы некоторые из лунных вулканов все еще были активны. В земной теории необходимо только предположить, что вулканы на земле когда-то обладали достаточной взрывной силой. Никто не предполагает, что вулканы, действующие в настоящее время на земле, выбрасывают сейчас осколки, которые должны сформировать будущие метеориты; но представляется возможным, что земля сейчас, в эти спокойные времена, медленно собирает обратно осколки, которые она выбросила на ранней стадии своей истории. Таким образом, предполагая вместе с Чермаком, что многие метеориты имели вулканическое происхождение на каком-либо значительном небесном теле, мы вынуждены согласиться с теми, кто считает, что наиболее вероятно, что этим телом является земля.

Интересно отметить несколько обстоятельств, которые, по-видимому, подтверждают мнение о том, что многие метеориты имеют древнее земное происхождение. Наиболее характерным

компонентом этих тел является сплав железа и никеля, который присутствует почти повсеместно. Иногда, как в случае с сидеритом Роутона, весь объект состоит практически из чего-либо другого; иногда этот сплав находится в виде зерен, распределенных по массе. Когда Норденшельд обнаружил в Гренландии массу самородного железа, содержащего никель, это сразу же было расценено как небесный гость. Он назывался метеоритом Овифак, и большие куски железа были переданы в наши музеи. Например, в национальной коллекции есть интереснейший экспонат из вещества Овифак. Внимательное изучение показывает, что этот так называемый метеорит лежит в слое базальта, который был выброшен из недр земли. Те, кто верит в метеоритное происхождение железа Овифак, вынуждены признать, что вскоре после извержения базальта, когда он был еще мягким, этот колоссальный железный метеорит гигантской массы случайно упал именно в этот мягкий слой. Однако постепенно набирает силу точка зрения, что эта огромная железная масса вовсе не была небесным гостем, а просто вышла из недр земли вместе с самим базальтом. Прекрасные образцы в Британском музее показывают, как железо переходит в базальт таким образом, что весьма вероятно, что источник железа действительно следует искать в земле, а не за ее пределами. Если дальнейшие исследования установят это, что сейчас представляется вероятным, будет сделан важнейший шаг в доказательстве земного происхождения метеоритов. Если железо Овифак действительно связано с базальтом, у нас есть доказательство того, что железоникелевый сплав действительно является земным веществом, обнаруженным глубоко в недрах земли и связанным с вулканическими явлениями. Поскольку это так, то уже не составит труда объяснить наличие железа в несомненных метеоритах. Когда огромные вулканы были в состоянии активности, они выбрасывали массы этого сплава железа, которые, веками вращаясь вокруг солнца, наконец вернулись обратно. Словно в подтверждение этой точки зрения, профессор Эндрюс обнаружил частицы самородного железа в базальте Дамбы Гиганта, в то время как вероятность того, что большие массы железа связаны с базальтовым образованием, была доказана исследованиями по магнетизму покойного ректора Ллойда.

Помимо более твердых метеоритов, не может быть никаких сомнений в том, что *обломки* обычных падающих звезд должны падать на землю легким дождем небесной пыли. На снегу в арктических регионах часто находят следы пыли, которая содержит частицы железа. Подобные частицы были обнаружены на башнях соборов и во многих других ситуациях, когда они могли осесть только с воздуха. Едва ли можно сомневаться в том, что некоторые пылинки в солнечном луче и многие частицы, которые хорошие домработницы ненавидят как пыль, действительно имеют космическое происхождение. Во время знаменитого рейса *Челленджера* земснаряды не подняли из глубин Атлантики никаких "золотых клиньев, огромных якорей, груд жемчуга", но среди поднятого ими ила были обнаружены многочисленные магнитные частицы, которые, есть все основания полагать, упали с неба, а оттуда осели в глубинах океана. Песок из африканских пустынь при исследовании под микроскопом содержит следы мельчайших частиц железа, которые несут на себе следы воздействия высокой температуры.

Земля постоянно втягивает в себя эту космическую пыль, но теперь земля никогда не расстаётся ни с одной частицей своей массы. Следствие неизбежно; масса земли должна увеличиваться, и хотя изменение может быть небольшим, все же для тех, кто изучал трактат Дарвина о "Дождевых червях", или для тех, кто знаком с современной теорией эволюции, будет очевидно, что колоссальные результаты могут быть достигнуты незначительными причинами, которые стремятся в одном направлении. Вполне вероятно, что значительная

часть твердого вещества нашего земного шара могла образоваться из метеоритного вещества, которое опускается на его поверхность постоянными дождями.

ГЛАВА XVIII.

ЗВЕЗДНЫЕ НЕБЕСА.

Созвездия — Большая Медведица и Пойнтеры—Полярная звезда—Кассиопея—Андромеда, Пегас и Персей—Плеяды: Аурига, Капелла, Альдебаран—Телец, Орион, Сириус; Кастор и Поллукс—Лев—Бозт, Корона и Геркулес—Дева и Спика—Вега и Лира—Лебедь.

Изучающий астрономию должен ознакомиться с основными созвездиями на небе. Это приятное приобретение, и оно вполне может стать частью образования каждого ребенка в королевстве. Мы начнем наше обсуждение звездной системы с краткого описания основных созвездий, видимых в северном полушарии, и сопроводим наше описание такими схематическими картами звезд, которые позволят новичку определить основные черты звездного неба.

В предыдущей главе мы обратили внимание изучающего на замечательное созвездие звезд, известное астрономам как Большая Медведица, или Большая Медведица. Он образует наиболее заметную группу в северном небе, и в северных широтах он никогда не заходит. В одиннадцать часов вечера в апреле Большая Медведица находится прямо над головой (для наблюдателя из Соединенного Королевства); в тот же час в сентябре она низко опускается на севере; в тот же час в июле она находится на западе; к Рождеству она оказывается на востоке. С глубокой древности эта группа звезд привлекала к себе внимание. Звезды Большой Медведицы были включены в большой каталог звезд, составленный две тысячи лет назад, который дошел до нас. Из посоставу звезд, приведенные в каталоге можно реконструировать Большую Медведицу, как оказалось, в те далекие дни. Это было сделано, и, похоже, что семь главных звезд за это время не изменились в сколько-нибудь значительной степени, так что конфигурация Большой Медведицы сейчас остается практически такой же, как и тогда. Новичок должен сначала познакомиться с этой группой из семи звезд, и тогда его дальнейшее продвижение в этой области астрономии будет значительно облегчено. Большая Медведица - действительно великолепное созвездие, и его единственным соперником является Орион, который содержит более яркие звезды, хотя и занимает не такую большую область на небе.

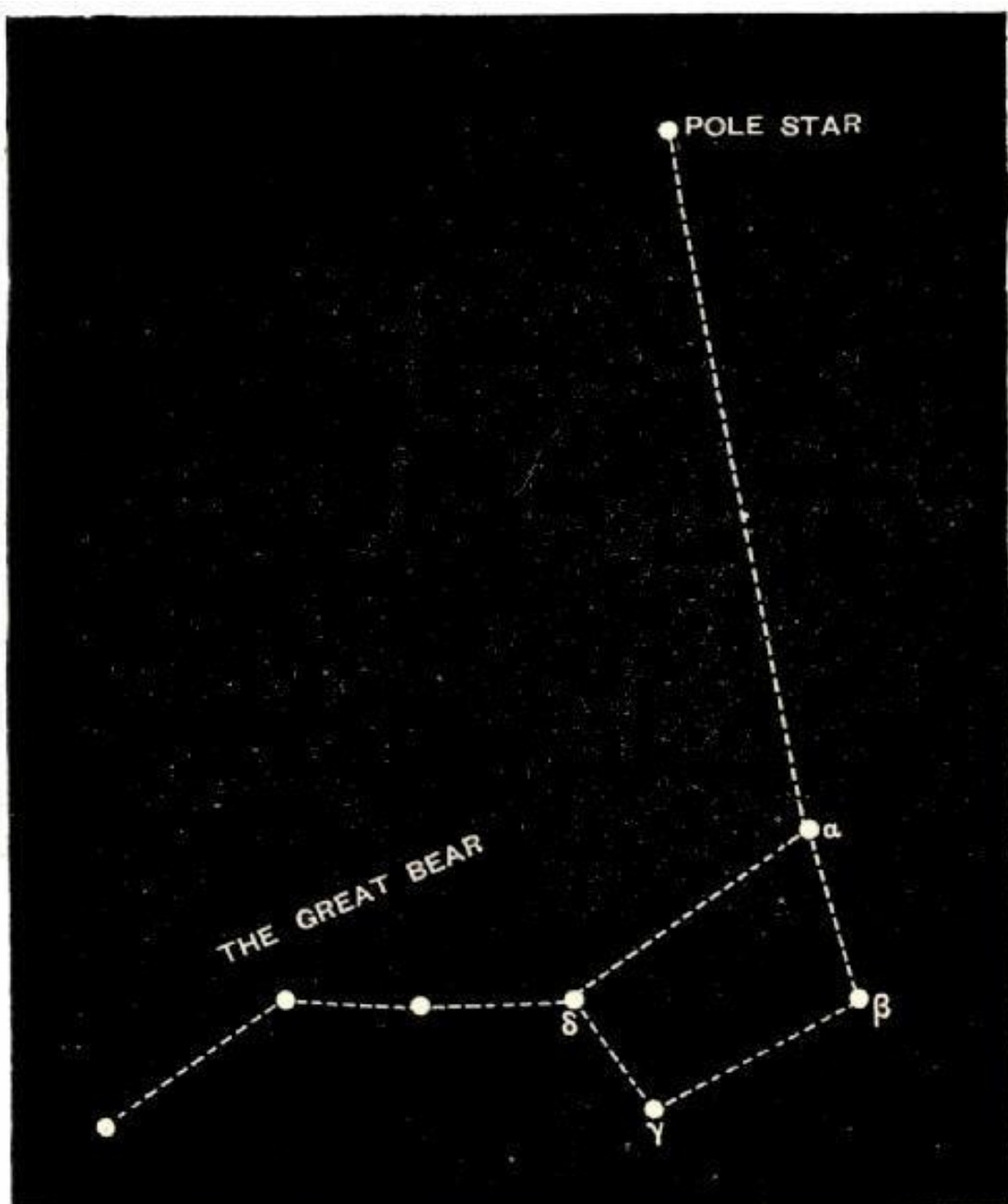


Рис. 80.

Большая Медведица и Полярная звезда.

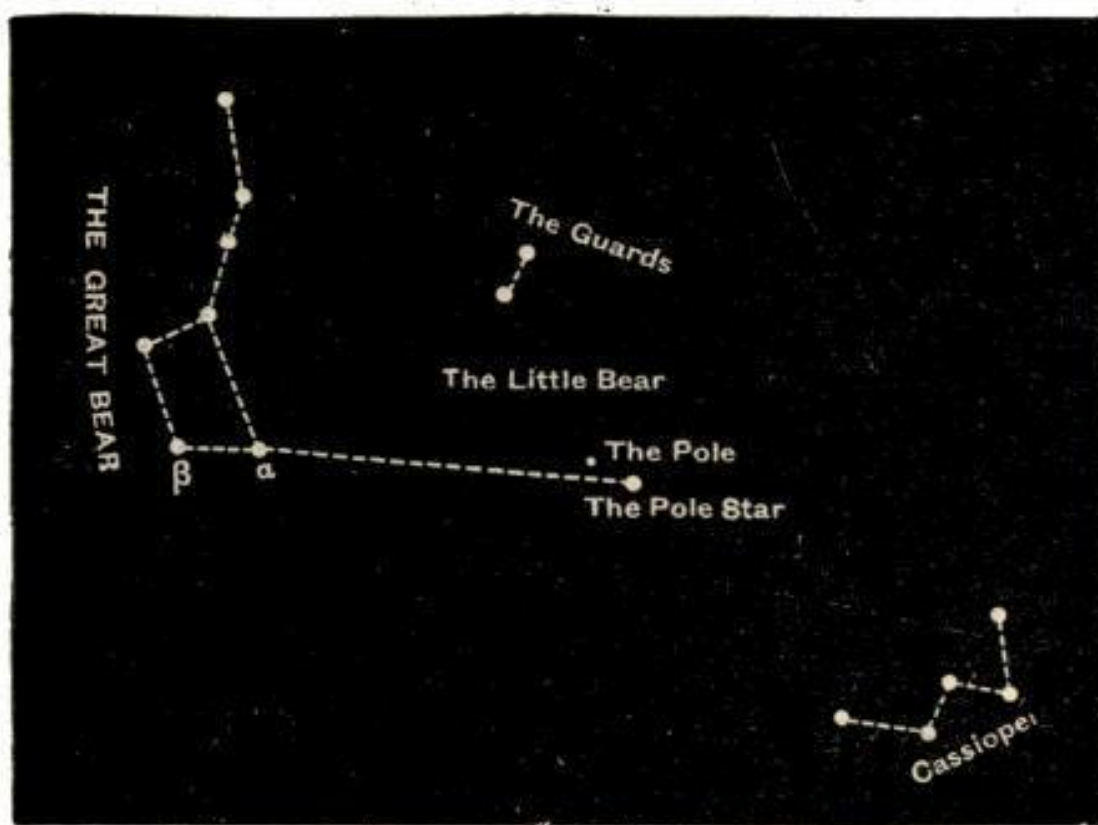


Рис. 81.

Большая Медведица и Кассиопея.

Во-первых, мы наблюдаем, как Большая Медведица позволяет легко обнаружить Полярную звезду, которая является самым важным объектом на северном небе. Полярная звезда очень удобно обозначается направлением двух звезд, β и α , Большой Медведицы, которые, соответственно, обычно известны как "указатели". Такое использование Большой Медведицы показано на схеме на рис. 80, на которой линия $\beta \alpha$, проведенная вперед и слегка изогнутая, будет вести к Полярной звезде. Нет никакой вероятности ошибиться с этой звездой, поскольку она единственная яркая в округе. Как только его увидят, его будет легко идентифицировать в будущих случаях, и наблюдатель не преминет заметить, насколько неизменным является положение, которое он сохраняет на небесах. Другие звезды либо восходят, либо заходят, либо, подобно Большой Медведице, опускаются низко на севере, фактически не заходя, но Полярная звезда не проявляет значительных изменений. Летом или зимой, ночью или днем Полярную звезду всегда можно найти в одном и том же месте — по крайней мере, в том, что касается обычных наблюдений. Несомненно, когда мы пользуемся точными инструментами обсерватории, понятие неподвижности Полярной звезды отбрасывается; тогда мы видим, что она движется медленно и что каждые двадцать четыре часа она описывает небольшой круг вокруг истинного полюса небес, который не совпадает с Полярной звездой, хотя и находится близко к ней. В настоящее время расстояние составляет чуть больше градуса и постепенно уменьшается, пока в 2095 году нашей эры расстояние не составит менее половины градуса.

Сама Полярная звезда принадлежит к другой незначительной группе звезд, известной как Малая Медведица. Двух главных представителей этой группы, следующих по яркости за Полярной звездой, иногда называют "Стражами". Большая и Малая Медведицы вместе с Полярной звездой образуют группу на северном небе, не параллельную ни одному аналогично расположенному созвездию на южном небе. На Южном полюсе нет заметной

звезды, которая приблизительно указывала бы его положение, — обстоятельство, неблагоприятное для астрономов и навигаторов в южном полушарии.

Теперь будет легко добавить третье созвездие к двум уже полученным. На противоположной стороне Полярной звезды от Большой Медведицы, примерно на таком же расстоянии, находится очень приятная группа из пяти ярких звезд, образующих букву W. Это наиболее заметные элементы созвездия Кассиопея, которое содержит в общей сложности около шестидесяти звезд, видимых невооруженным глазом. Когда Большая Медведица находится низко на севере, тогда Кассиопея находится высоко над головой. Когда Большая Медведица находится высоко над головой, тогда Кассиопею следует искать низко на севере. Конфигурация ведущих звезд настолько поразительна, что, как только глаз распознает их, дальнейшая идентификация будет очень легкой — тем более, если учесть, что Полярная звезда находится на полпути между Кассиопеей и Большой Медведицей (рис. 81). Эти важные созвездия послужат путеводителями для остальных. Соответственно, мы покажем, как учащийся может различать различные другие группы, видимые с Британских островов или аналогичных северных широт.

Следующее узнаваемое созвездие - это внушительная группа, содержащая Большой Квадрат Пегаса. В отличие от Большой Медведицы или Кассиопеи, о ней не говорят, что она "приполярная". Великая площадь Пегаса заходит и восходит ежедневно. Весной и летом его трудно разглядеть, но осенью и зимой можно легко узнать четыре звезды, отмечающие углы квадрата. В пределах столь ограниченной области есть несколько маленьких звезд; невооруженным глазом с обычной мощностью в этих широтах можно насчитать около тридцати. На юге Европы, с ее чистым и ярким небом, количество видимых звезд, по-видимому, значительно увеличилось. Проницательный наблюдатель из Афин насчитал 102 звезды в том же регионе.

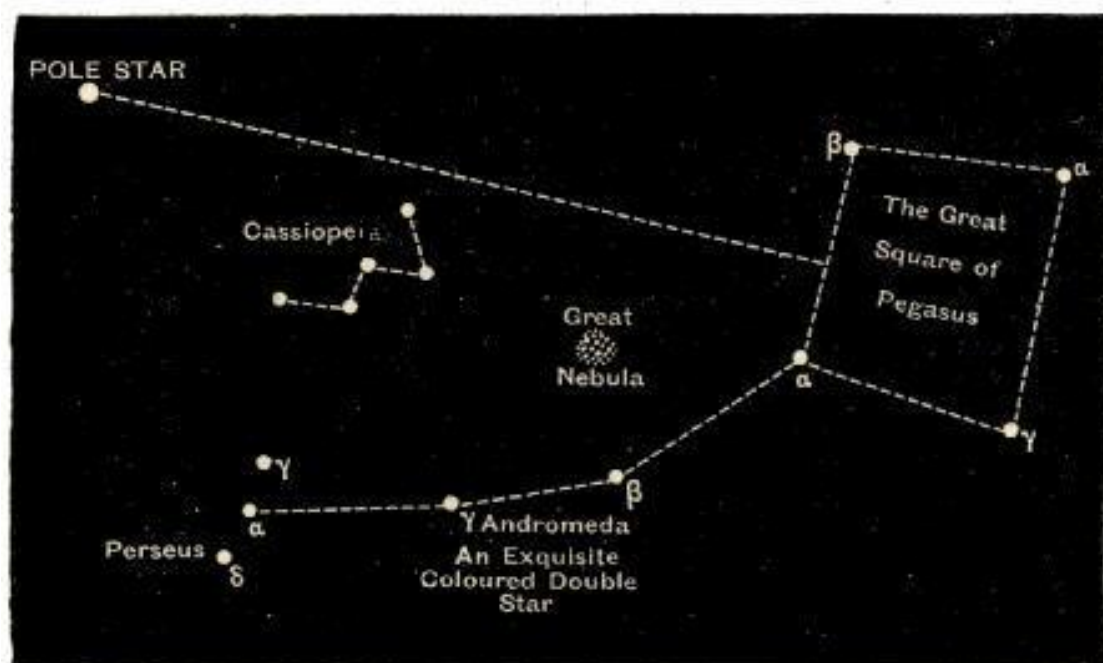


Рис. 82. —

Большая площадь Пегаса.

До Большой площади Пегаса можно добраться по прямой от Полярной звезды над оконечностью Кассиопеи. Если еще раз протянуть его примерно так же далеко, то взгляд переместится в центр Большого Квадрата Пегаса (рис. 82).

Линия, проходящая через β и α на Пегасе, продолжаясь на 45° к югу, указывает на важную звезду Фомальгаут во рту Южной Рыбы. Справа от этой линии, почти на полпути вниз, находится довольно расплывчатое созвездие Водолея, где можно заметить небольшой равносторонний треугольник со звездой в центре.

Квадрат Пегаса не является удачной иллюстрацией того, каким образом следует определять границы созвездий. Не может быть более естественно связанной группы, чем четыре звезды в этом квадрате, и они, несомненно, должны быть включены в одно и то же созвездие. Три звезды, отмеченные как α , β , γ , действительно принадлежат Пегасу; но та, что в четвертом углу, также отмеченная как α , помещена в другую фигуру, известную как Андромеда, и она действительно является самым ярким элементом. Остальные яркие звезды Андромеды отмечены как β и γ , и их легко идентифицировать, если изобразить одну сторону Квадрата Пегаса в изогнутом направлении. Таким образом, мы имеем замечательный набор из семи звезд, которые легко идентифицировать и легко запомнить, несмотря на то, что они представлены тремя разными созвездиями. Это соответственно α , β и γ Пегаса; α , β и γ Андромеды; и α Персея. Все три образуют, так сказать, своего рода ручку, отходящую от одной стороны квадрата, и представляют собой группу, одновременно поразительную по внешнему виду и полезную для дальнейшей идентификации небесных объектов. β Андромеда с двумя звездами поменьше образует пояс несчастной героини.

α Персей находится между двумя другими звездами (γ и δ) того же созвездия. Если мы проведем кривую через эти три элемента и продолжим ее жирным изгибом, то попадем к одной из жемчужин северного неба — прекрасной звезде Капелла в Ауриге (рис. 83). Рядом с Капеллой находятся три маленькие звезды, образующие равнобедренный треугольник — это Хади, или Малыши. Капелла и Вега, за исключением Арктура, являются двумя самыми яркими звездами на северном небе; и хотя Вега, вероятно, более яркая из двух, все же существует противоположное мнение. Разные глаза часто дают различные оценки относительной яркости звезд, которые приближаются друг к другу по яркости. Трудность проведения удовлетворительного сравнения Веги и Капеллы значительно возрастает из-за большого расстояния в небе, на котором они разделены, а также из-за небольшой разницы в цвете, поскольку Вега заметно белее Капеллы. Этот контраст между цветом звезд часто является источником неопределенности при попытке сравнить их относительную яркость; так что, когда необходимо произвести фактические измерения с помощью инструментальных средств, необходимо поочередно сравнивать две звезды с каким-либо объектом промежуточного оттенка.

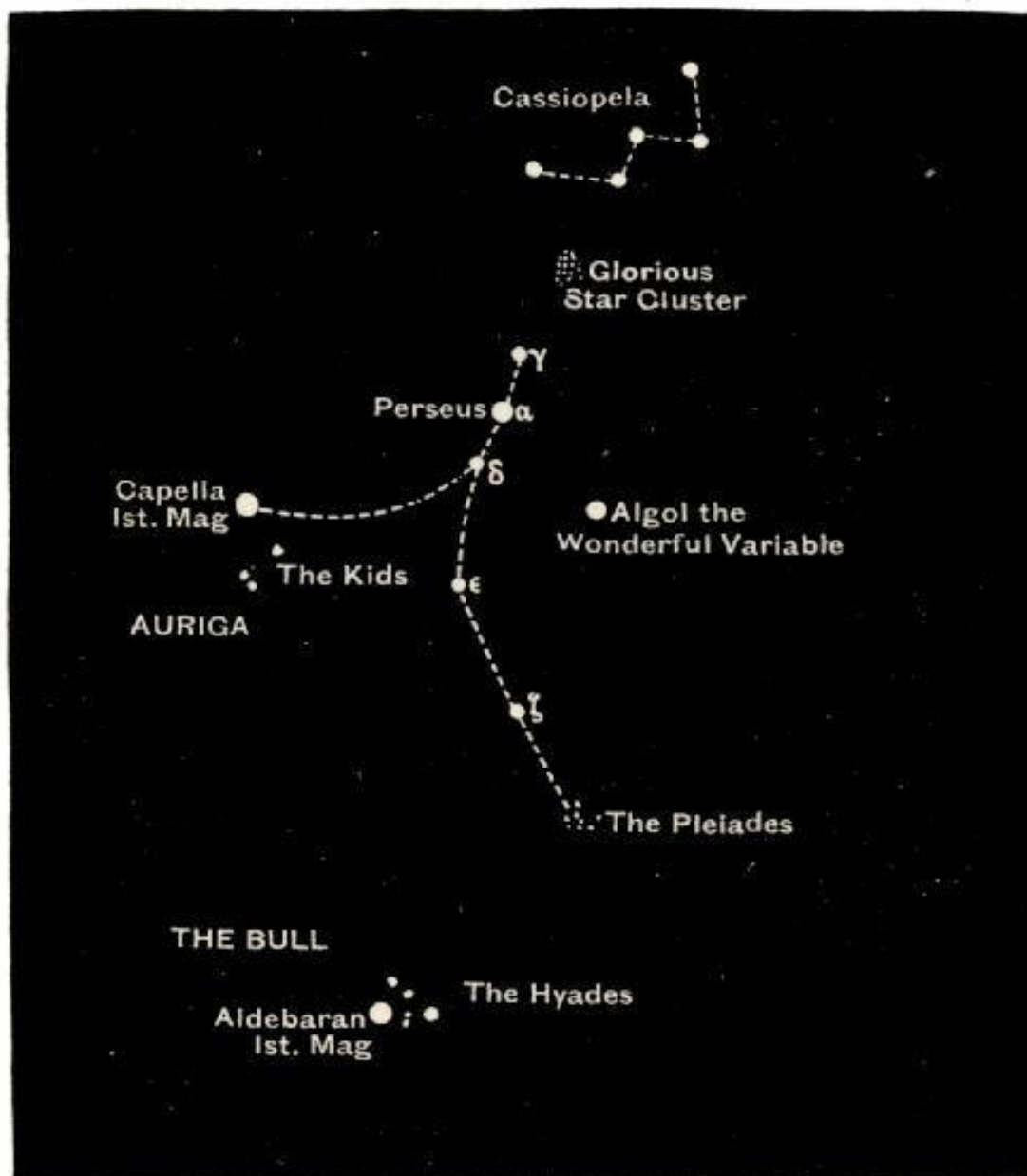


Рис. 83.—

Персей и соседние с ним Звезды.

На противоположной от Капеллы стороне полюса, но не так далеко, будут обнаружены четыре маленькие звезды в виде четырехугольника. Они образуют голову Дракона, остальная часть которой обвивается вокруг шеста.

Если мы продолжим кривую, образованную тремя звездами γ , α и δ в Персее, и если мы изящно обогнем эту кривую в одну из противоположных флексий, как показано на рис. 83, то сначала мы попадем к двум другим главным звездам в Персее, обозначенным ϵ и ζ . Область Персея - одна из самых богатых на небесах. Перед нами самая великолепная часть Млечного Пути, и поле зрения телескопа переполнено звездами, которых немеряно. Даже небольшой телескоп или театральные бинокль, направленный на это изобилующее созвездиями созвездие, не может не восхитить наблюдателя и не передать ему глубокого впечатления о масштабах звездного неба. В следующем параграфе мы приведем краткий перечень некоторых замечательных телескопических объектов в Персее. Следуя по тому же рисунку линиям ϵ и ζ , мы приходим к замечательной маленькой группе, известной как Плеяды.

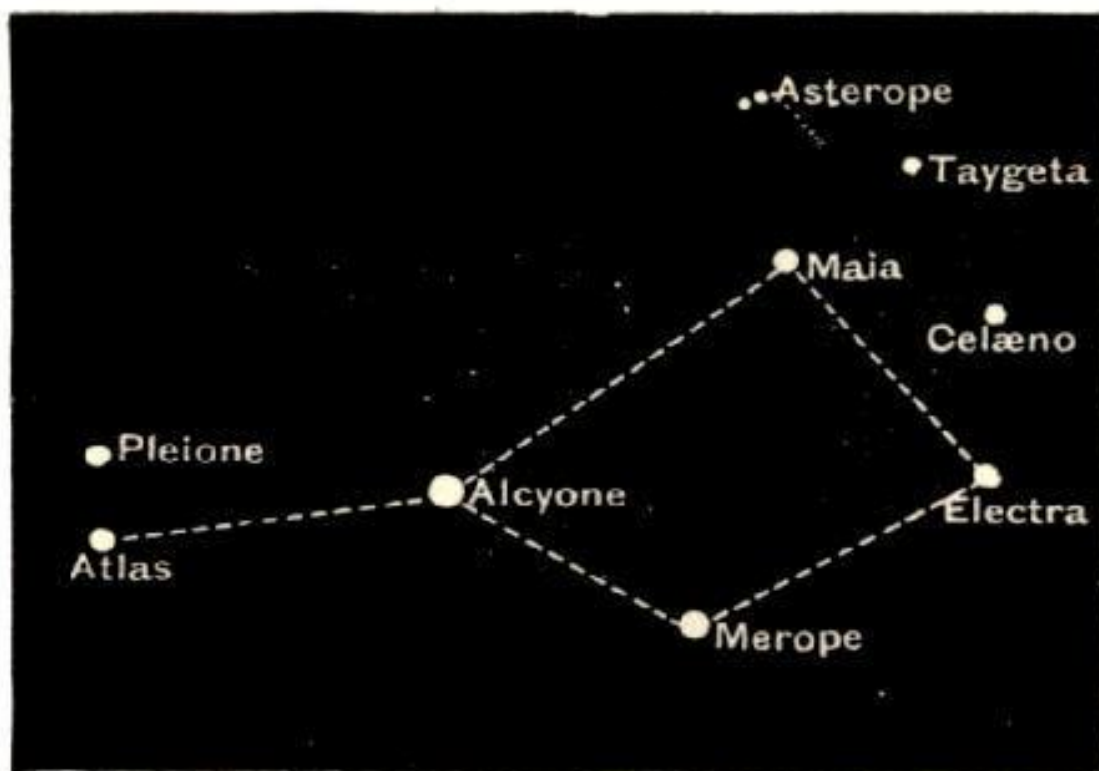


Рис. 84.

Плеяды.

Плеяды образуют группу, настолько общеизвестную и так легко идентифицируемую, что вряд ли кажется необходимым давать какие-либо дальнейшие конкретные инструкции по их открытию. Можно, однако, заметить, что в этих широтах летом их нельзя увидеть раньше полуночи. Предположим, что поиск производится примерно в 11 часов вечера: 1 января Плеяды будут обнаружены высоко в небе на юго-западе; 1 марта, в тот же час, они будут замечены заходящими на западе. 1 мая они не видны; 1 июля они не видны; 1 сентября они будут видны низко на востоке. 1 ноября они будут высоко в небе на юго-востоке. 1 января следующего года Плеяды будут находиться в том же положении, в каком они были на ту же дату в предыдущем году, и так далее из года в год. Вряд ли здесь нужно объяснять, что на самом деле эти изменения происходят не из-за движения созвездий; они, конечно, обусловлены видимым годовым движением солнца среди звезд.

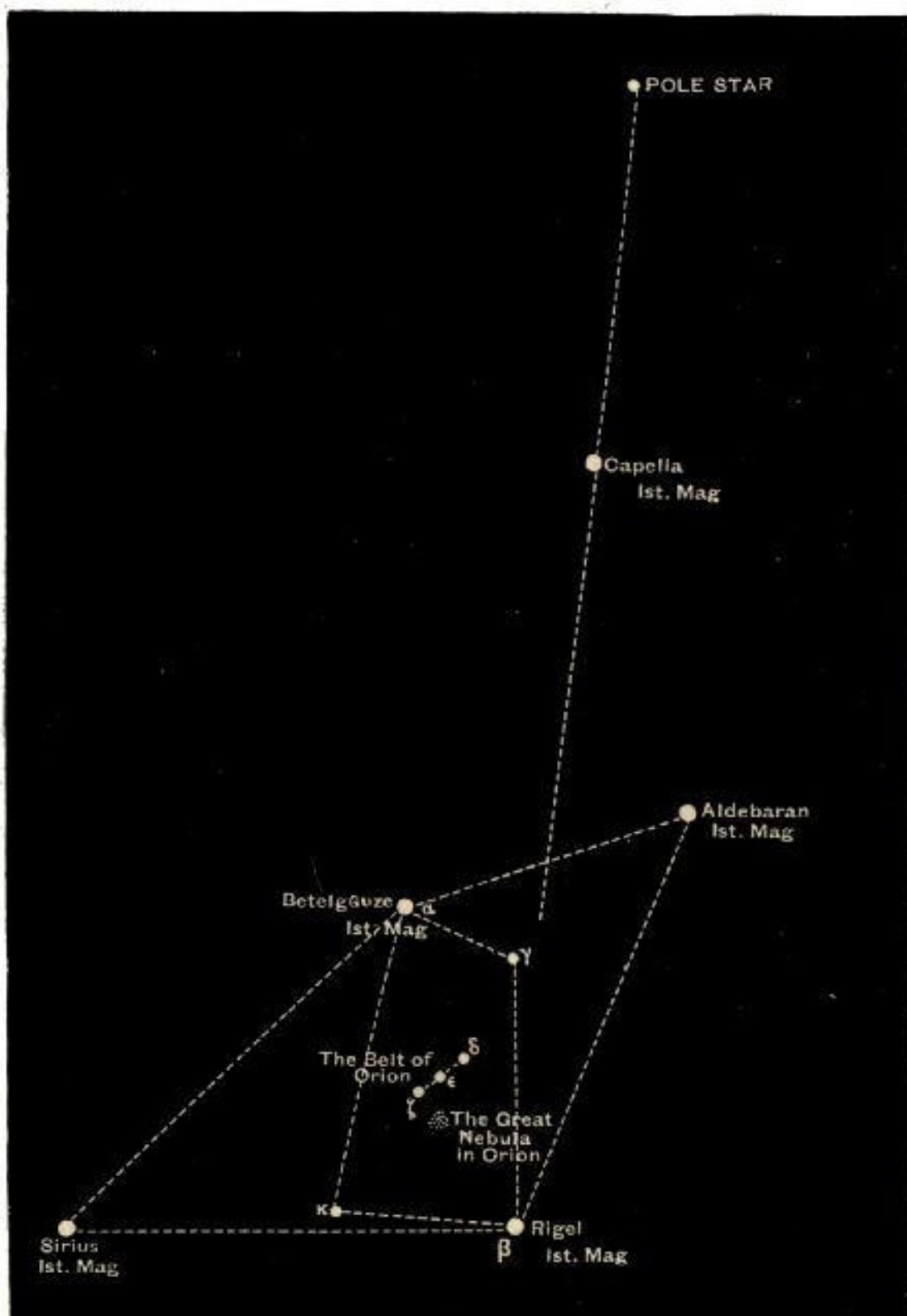


Рис. 85.Орион,

Сириус и соседние Звезды.

Плеяды показаны на рисунке (рис. 84), где представлена группа из десяти звезд, примерно столько их видно невооруженным глазом тем, кто одарен очень острым зрением. Самая низкая мощность телескопа увеличивает количество звезд до тридцати или сорока (Галилей увидел более сорока в свой первый телескоп), в то время как с помощью телескопов большей мощности их количество значительно увеличивается; действительно, с помощью мощного телескопа было насчитано не менее 625. Группа, однако, слишком широко

разбросана, чтобы создать эффективный телескопический объект, за исключением большого поля обзора и низкой мощности. При взгляде в театральные бинокли она представляет собой очень приятное зрелище.

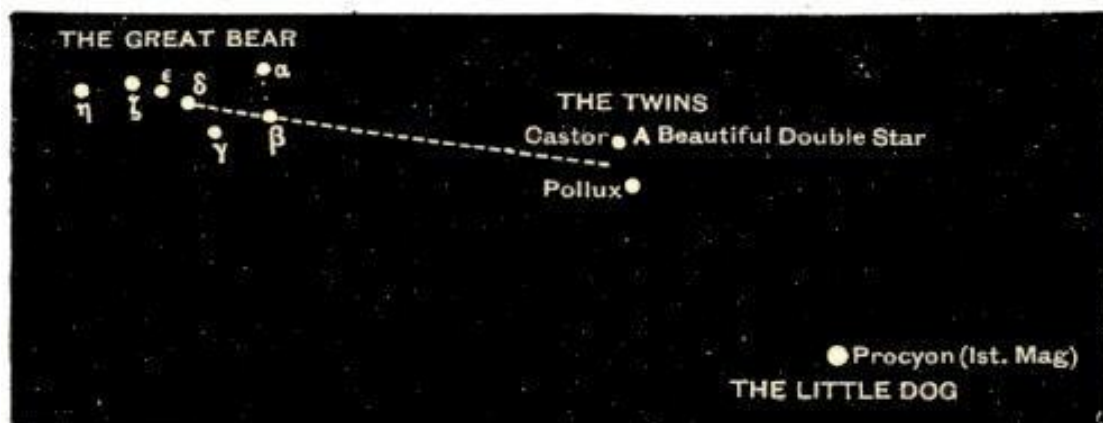


Рис. 86.—

Клещевина и Поллукс.

Если мы проведем луч от Полярной Звезды к Капелле и проведем его достаточно далеко, как показано на рис. 85, мы подойдем к великому созвездию нашего зимнего неба, великолепной группе Ориона. Яркость звезд Ориона, заметный пояс и находящиеся в нем телескопические объекты в равной степени делают эту группу примечательной и ставят ее, возможно, во главе созвездий. Ведущая звезда в созвездии Орион известна либо как α Орионис, либо как Бетельгейзе, этим именем она здесь обозначена. Она расположена над тремя звездами, δ , ϵ , ζ , которые образуют пояс. Бетельгейзе - звезда первой величины, как и Ригель, находящийся на противоположной стороне пояса. Таким образом, Орион отличается тем, что содержит в своей группе две звезды первой величины, в то время как пять других звезд, показанных на рис. 85, имеют вторую величину.

В окрестностях Ориона находится несколько важных звезд. Если мы продолжим линию пояса вверх вправо, то попадем к другой звезде первой величины, Альдебарану, которая своим красноватым цветом сильно напоминает Бетельгейзе. Альдебаран - самая яркая звезда в созвездии Тельца. Именно это созвездие содержит уже упомянутые Плеяды и другую, более разрозненную группу, известную как Гиады, которую можно обнаружить недалеко от Альдебарана.

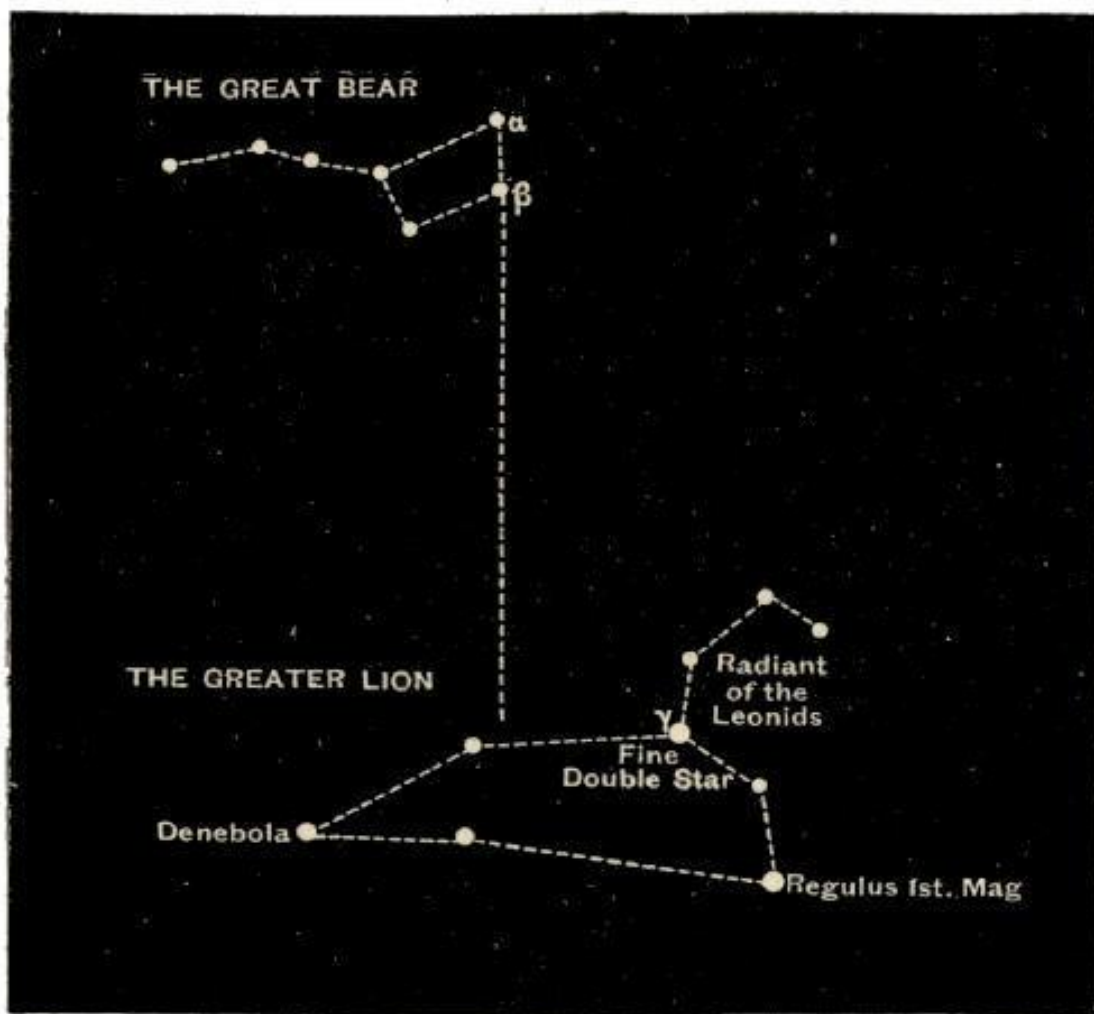


Рис. 87.

Большая медведица и Лев.

Линия пояса Ориона, продолжающаяся вниз влево, привлекает внимание к жемчужине неба, великолепному Сириусу, который является самой яркой звездой на небе.

Действительно, было необходимо установить особый порядок звездной величины для приема только Сириуса; все остальные звезды первой величины, такие как Вега и Капелла, Бетельгейзе и Альдебаран, значительно отстали. Сириус вместе с несколькими другими звездами гораздо меньшей яркости образует созвездие Большого Пса.

Учащемуся полезно обратить внимание на крупную конфигурацию неправильной ромбовидной формы, четыре угла которой представляют собой звезды первой величины: Альдебаран, Бетельгейзе, Сириус и Ригель (рис. 85). Пояс Ориона расположен симметрично в центре группы, и вся фигура настолько поразительна, что, однажды увидев ее, вряд ли забудешь.

Примерно на полпути от квадрата Пегаса к Альдебарану находится главная звезда в созвездии Овна — яркий шар второй величины; с двумя другими он образует кривую, на другом конце которой находится γ того же созвездия, которое было первой двойной звездой, когда-либо замеченной.

Мы можем снова призвать на помощь Большую Медведицу, чтобы указать на звезды в созвездии Близнецов (рис. 86). Если провести диагональ, соединяющую звезды δ и β на теле Медведя, в направлении, противоположном хвосту, это приведет к Кастору и Поллуксу, двум замечательным звездам второй величины. Эта же линия, пройденная немного дальше,

проходит вблизи звезды Прочион первой величины, которая является единственным заметным объектом в созвездии Маленького Пса.

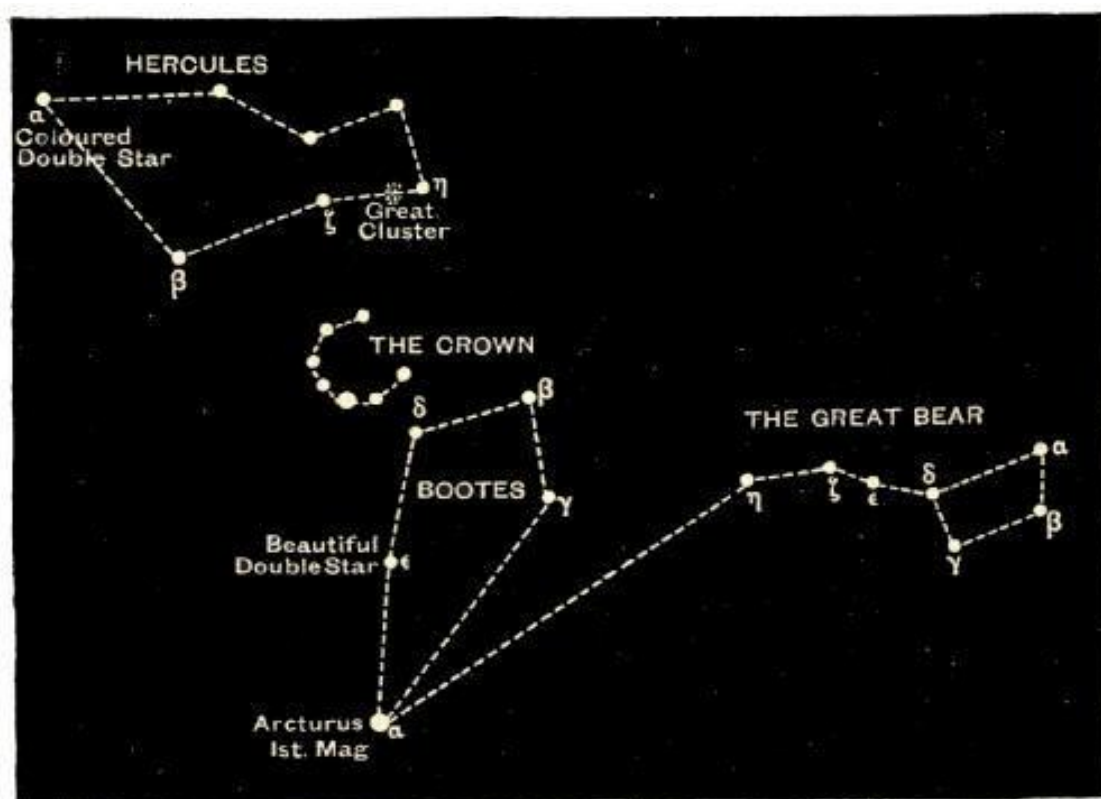


Рис. 88.Ботес и

Корона.

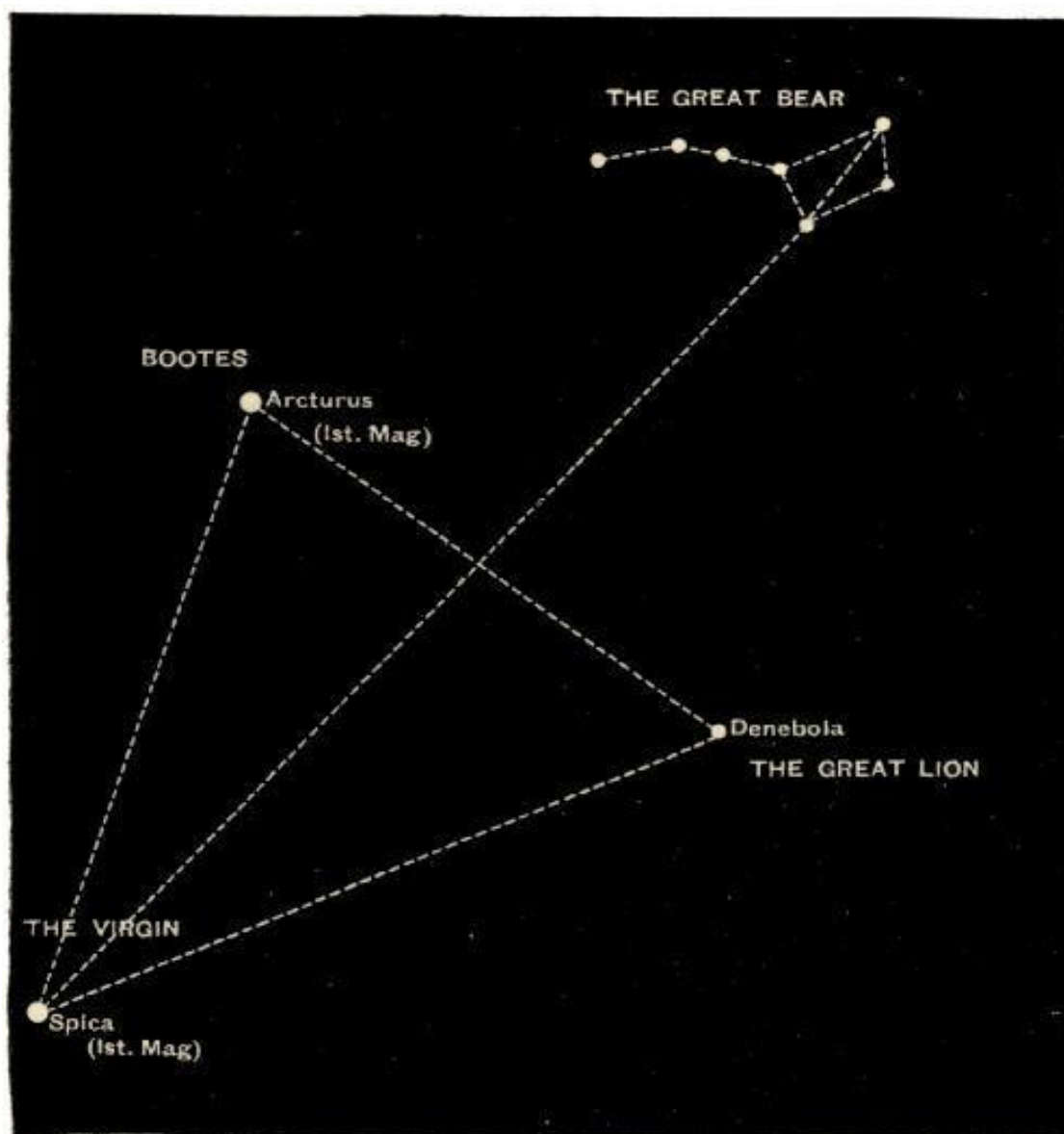


Рис. 89.—Дева

и соседние созвездия.

Указатели на Большой Медведице, обозначенные α β , также будут служить для обозначения созвездия Льва. Если мы проведем соединяющую их линию в направлении, противоположном тому, которое использовалось при нахождении Полюса, мы попадем в тело Льва. Эта группа будет распознана по звезде первой величины, называемой Регул. Это одна из серии звезд, образующих объект, несколько напоминающий серп: три звезды из этой группы имеют вторую величину. Серп заслуживает особого внимания, потому что он содержит лучистую точку, от которой расходится периодический поток падающих звезд, известный как Леониды. Регулус лежит вдоль солнечной магистрали среди звезд, в точке, которую он проезжает 21 августа каждого года.

Между Близнецами и Львом можно найти неприметное созвездие Краба; самый поразительный объект, который оно содержит, - это туманное пятно, называемое Пчельником, или Пчелиным ульем, которое даже в самый маленький театральный бинокль можно разглядеть на составляющие его звезды.

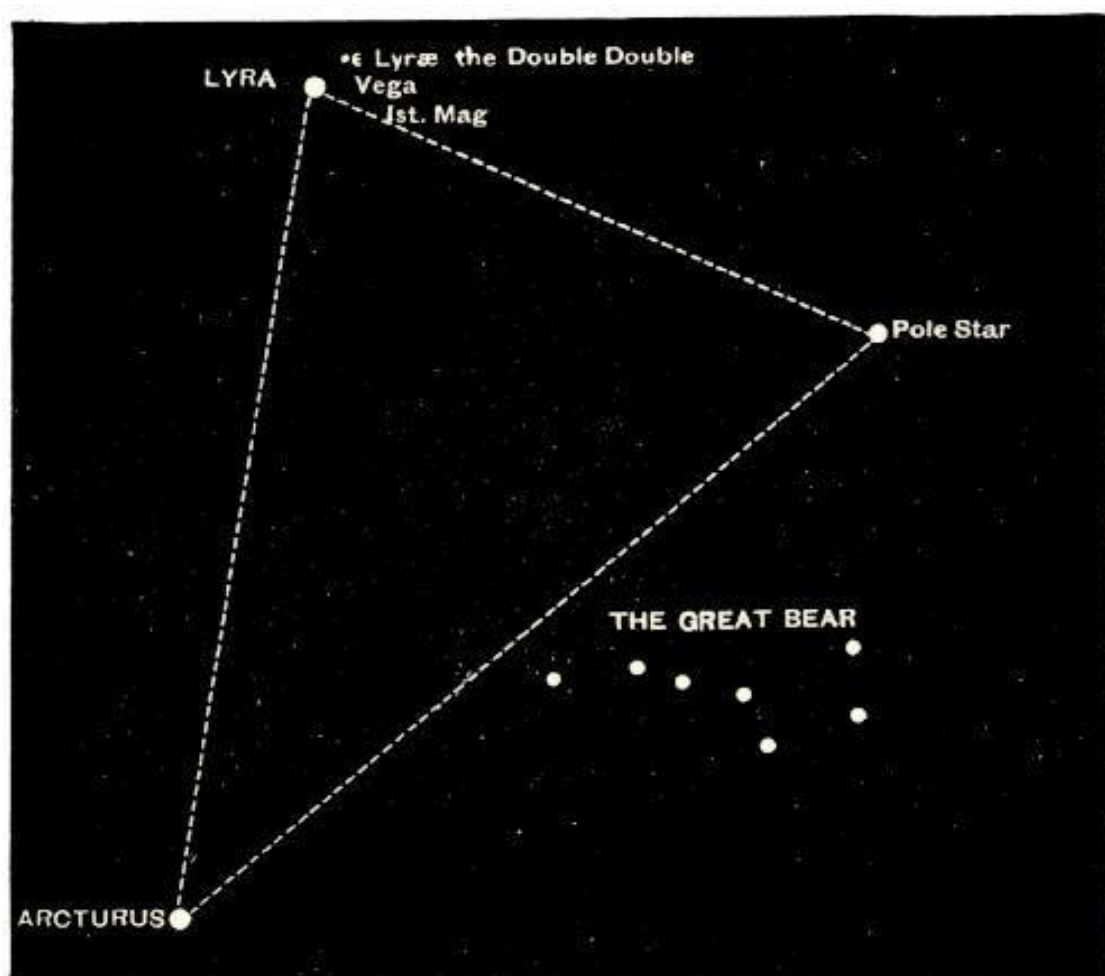


Рис. 90.—

Созвездие Лиры.

Хвост Большой Медведицы, если его удлинить и продолжить изгиб, которым он обладает, ведет к яркой звезде первой величины, известной как Арктур, главной звезде в созвездии Бозта (рис. 88). Несколько других звезд, отмеченных β , γ , δ и ϵ в том же созвездии, также показаны на рисунке. Среди звезд, видимых в этих широтах, Арктур должен быть помещен рядом с Сириусом по яркости. Две звезды в южном полушарии, невидимые в этих широтах, называемые α Центавра и Канопусом, почти такие же яркие, как Вега и Капелла, но не такие яркие, как Арктур.

В непосредственной близости от Беотеса находится поразительная полукруглая группа, известная как Северная корона. Его легко найти по положению, указанному на рисунке, или его можно идентифицировать, следуя изогнутой линии, обозначенной β , δ , ϵ и ζ на Большой Медведице.

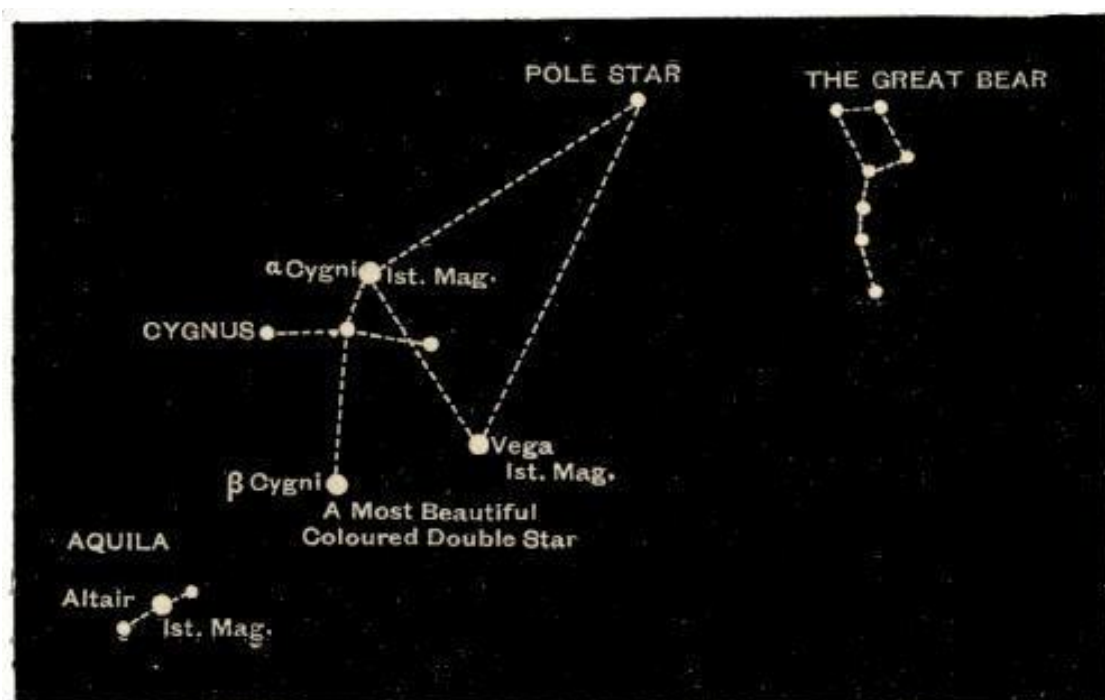


Рис. 91.—Вега,

лебедь и орел.

Созвездие Девы в основном характеризуется звездой первой величины, называемой Спика, или α Virginis. Это можно определить по Большой Медведице; ибо, если линию, соединяющую две звезды α и γ в созвездии, продлить небольшим изгибом, она приведет глаз к Спике. Здесь мы можем заметить еще одну из тех крупных конфигураций, которые оказывают большую помощь в изучении звезд. Это прекрасный равносторонний треугольник, два угла которого образуют Арктур и Спика, а третий обозначен Денеболой, яркой звездой возле хвоста Льва (рис. 89).

Летними вечерами, когда Корона находится над головой, линия от Полярной звезды через ее более слабый край, продолжающаяся почти до южного горизонта, встречается с ярко-красной звездой Cor Scorpionis, или Сердцем Скорпиона (Антарес), которая была первой звездой, упомянутой как виденная в телескоп днем.

Звезду первой величины Вегу в созвездии Лиры легко найти в углу выделенного жирным шрифтом треугольника, основание которого образуют Полярная звезда и Арктур (рис. 90). Ослепительная белизна Веги привлечет внимание, в то время как небольшая группа соседних звезд, образующих Лиру, образует одно из наиболее четко очерченных созвездий.

Рядом с Вегой находится еще одно важное созвездие, известное как Лебедь. Самая яркая звезда будет идентифицирована как вершина прямоугольного треугольника, основанием которого является линия от Веги к Полярной звезде, как показано на рис. 91. В Лебеде есть пять главных звезд, которые образуют созвездие довольно примечательной формы.

Последнее созвездие, которое мы здесь опишем, - это созвездие Аквилы или Орла, которое содержит звезду первой величины, известную как Альтаир; эту группу можно легко найти по линии от Веги над β Лебеда, которая проходит рядом с линией из трех звезд, образуя характерную часть Орла.

Мы воспользовались возможностью указать на этих набросках созвездий положения некоторых других замечательных телескопических объектов, описание которых мы должны отложить до следующих глав.

ГЛАВА XIX.

ДАЛЕКИЕ СОЛНЦА.

Отличие Сириуса от Солнца—Звезды можно взвесить, но не измерить в общем случае—
Спутник Сириуса—Определение весов Сириуса и его Спутника—Темные звезды—
Переменные и временные Звезды—Огромное количество Звезд.

Великолепное превосходство Сириуса привело к тому, что за ним стали наблюдать с особой тщательностью с самых ранних времен в истории астрономии. Каждое поколение астрономов посвящало время и труд определению точных мест расположения самых ярких звезд на небе. Таким образом, была накоплена огромная масса наблюдений относительно места Сириуса среди звезд, и было обнаружено, что, подобно многим другим звездам, Сириус обладает тем, что астрономы называют *собственным движением*. Сравнивая нынешнее положение Сириуса по отношению к другим звездам с тем, которое он занимал сто лет назад, можно увидеть разницу в его положении в две минуты (127). Это небольшое количество: оно настолько мало, что невооруженным глазом его не разглядеть. Если бы мы могли сейчас видеть небо таким, каким оно выглядело столетие назад, мы все равно увидели бы эту звезду на ее хорошо известном месте слева от Ориона. Тщательное выравнивание с помощью глаза вряд ли позволило бы обнаружить, что Сириус двигался через два или даже через три или четыре столетия. Но точность меридианного круга делает очевидными эти мельчайшие величины и придает им их истинное значение. На взгляд астронома, Сириус, вместо того чтобы двигаться медленно, чего не заметят столетия, движется своим величественным курсом со скоростью, соответствующей его размерам.

Хотя скорость Сириуса составляет *около* 1000 миль в минуту, все же иногда она немного больше, а иногда и немного меньше его среднего значения. Для астронома этот факт богат информацией. Если бы Сириус был изолированной звездой, окруженной только сравнительно незначительными планетами, в его движении не могло бы быть неправильности. Если он когда-то стартовал со скоростью 1000 миль в минуту, то он должен сохранить эту скорость. Ни прошедшие столетия, ни огромная продолжительность путешествия не могли этого изменить. Путь Сириуса был бы непреклонен в своем направлении; и он был бы пройден с неизменной скоростью.

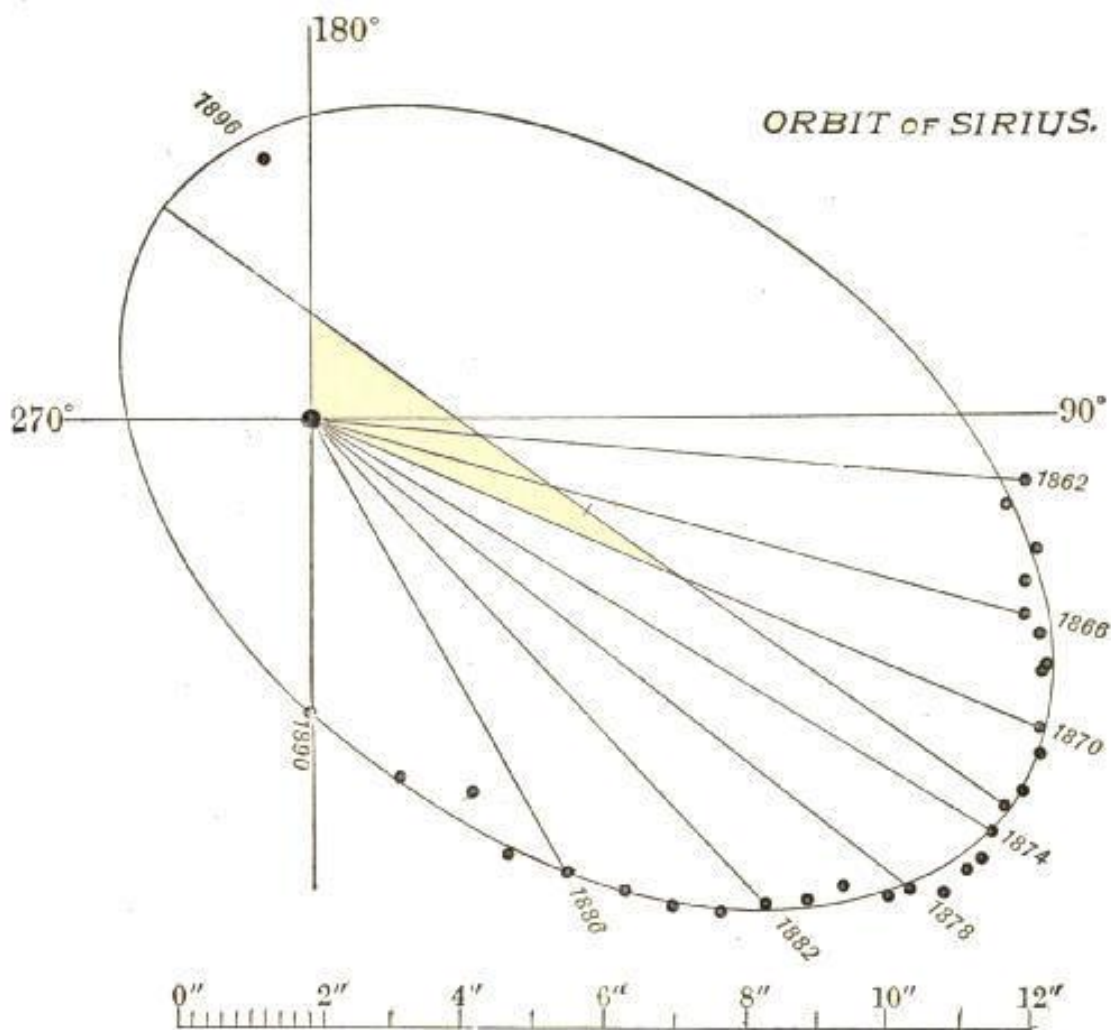


Рис. 92.—

Орбита Сириуса (профессор Бернхэм).

Тот факт, что Сириус двигался неравномерно, представлял такой интерес, что привлек внимание Бесселя, когда он обнаружил эти нарушения в 1844 году. Полагая, как и Бессель, что для этих волнений должна быть какая-то адекватная причина, вряд ли можно было сомневаться в том, в чем эта причина должна быть. Когда движение нарушается, должна действовать сила, и единственная сила, которую мы распознаем в таких случаях, - это сила, известная как гравитация. Но гравитация может действовать только от одного тела к другому; так что, когда мы ищем причину отклонения Сириуса под действием гравитации, мы вынуждены предположить, что рядом с Сириусом должно быть какое-то могущественное и массивное тело. Этот вопрос был снова поднят Питерсом и Оверсом, которые смогли определить по неровностям Сириуса природу траектории возмущающего тела. Они смогли показать, что она должна вращаться вокруг Сириуса в течение примерно пятидесяти лет, и хотя они не могли определить ее расстояние от Сириуса, все же они смогли указать направление, в котором она должна находиться. На рис. 92 показана орбита Сириуса, данная мистером Бернхэмом из Йеркской обсерватории.

Обнаружение спутника Сириуса и проведенные с его помощью измерения позволяют нам определить вес этой знаменитой звезды. Давайте попытаемся проиллюстрировать этот предмет. Без сомнения, следует признать, что используемые нами числовые оценки должны приниматься с определенной степенью осторожности. Спутник Сириуса - сложный объект для наблюдения, и до 1896 года за ним наблюдали только по дуге в 90° . Таким образом, мы вряд ли пока в состоянии говорить с абсолютной точностью о периодическом времени, за

которое спутник завершает свой оборот. Однако мы можем принять это время равным пятидесяти двум годам. Мы также знаем расстояние от Сириуса до его спутника и можем считать, что оно примерно в двадцать один раз больше расстояния от земли до солнца. Полезно, во-первых, сравнить обращение спутника вокруг Сириуса с обращением планеты Уран вокруг Солнца. Принимая расстояние до Земли за единицу, радиус орбиты Урана составляет около девятнадцати, и Урану требуется восемьдесят четыре года, чтобы совершить полный оборот. В солнечной системе нет планеты, удаленной от нас на расстояние в двадцать один год; но из третьего закона Кеплера можно показать, что, если бы такая планета существовала, ее периодическое время составляло бы около девяноста девяти лет. Теперь у нас есть необходимые материалы для сравнения массы Сириуса и массы Солнца. Тело, вращающееся вокруг Сириуса на определенном расстоянии, завершает свой путь за пятьдесят два года. Чтобы совершить оборот вокруг солнца на том же расстоянии, тело должно завершить свой путь за девяносто девять лет. Чем быстрее движется тело, тем больше должна быть центробежная сила и тем больше должна быть сила притяжения центрального тела. Из принципов динамики можно показать, что сила притяжения обратно пропорциональна квадрату периодического времени. Следовательно, сила притяжения Сириуса должна относиться к силе притяжения солнца в той же пропорции, в какой квадрат девяноста девяти относится к квадрату пятидесяти двух. Поскольку расстояния в каждом случае предполагаются равными, силы притяжения будут пропорциональны массам, и, следовательно, мы заключаем, что масса Сириуса вместе с массой его спутника равна массе Солнца вместе с массой его планеты в соотношении три с половиной к одному. Мы уже узнали, что Сириус намного ярче солнца; теперь мы узнали, что он также намного массивнее.

Прежде чем мы оставим рассмотрение Сириуса, есть еще один момент, представляющий очень большой интерес, который необходимо рассмотреть. Существует поразительный контраст между яркостью Сириуса и его спутника. Сириус - звезда, намного превосходящая все другие звезды первой величины, в то время как его спутник чрезвычайно тусклый. Даже если бы он был полностью удален от ослепительной близости Сириуса, его спутник был бы всего лишь маленькой звездой восьмой или девятой величины, находящейся намного ниже пределов видимости невооруженным глазом. Выражаясь числовым языком, Сириус в 5000 раз ярче своего спутника, но всего лишь примерно в два раза тяжелее! Здесь очень сильный контраст; и этот момент будет казаться еще более резким, если мы сравним спутник Сириуса с нашим солнцем. Спутник немного тяжелее нашего солнца; но, несмотря на его несколько меньшую массу, наше солнце гораздо более мощный источник света. Сотня спутников Сириуса не дала бы столько света, сколько наше солнце! Это результат очень значительного значения. Это учит нас, что помимо огромных тел во Вселенной, которые привлекают внимание своим блеском, существуют также другие тела огромной массы, которые обладают лишь небольшим блеском — возможно, некоторые из них вообще им не обладают. Это наводит на мысль о значительно расширенном представлении о величественных масштабах Вселенной. Это также побуждает нас поверить в то, что вселенная, которую мы видим, имеет лишь малое отношение к гораздо большей части, которая невидима в мрачных тенях ночи. На обширных просторах материальной вселенной то тут, то там встречаются звезды или массы газообразной материи, достаточно нагретые, чтобы светиться и, таким образом, стать видимыми с земли; но наше наблюдение за этими светящимися точками мало что может сказать нам об остальном содержимом Вселенной.

Самой известной из всех переменных звезд является Алголь, положение которой в созвездии Персея показано на [рис. 83](#). Эта звезда удобно расположена для наблюдения, она видна каждую ночь на наших широтах, и ее интересные изменения можно наблюдать

без помощи телескопа. Каждый, кто желает познакомиться с великими истинами астрономии, должен уметь узнавать эту звезду, а также следить за ней в один из периодов ее изменения. Алгол обычно является звездой второй величины; но в период от двух до трех дней, или, точнее, с интервалом в 2 дня 20 часов 48 минутами и 55 секундами, его яркость проходит через самый замечательный цикл изменений. Сериил начинается с постепенного уменьшения яркости звезды, которая в течение четырех с половиной часов падает со второй звездной величины до четвертой. На этой самой низкой стадии яркости Алголь сохраняется около двадцати минут, а затем начинает увеличиваться, пока через три с половиной часа не восстановит вторую звездную величину, при которой он продолжается около 2 дней 12 часов, когда та же серия начинается заново. Похоже, что период, необходимый Алголу для прохождения своих изменений, сам по себе подвержен медленным, но определенным изменениям. В следующей главе мы увидим, как было доказано, что изменчивость Алголя обусловлена случайным вмешательством темного компаньона, который уменьшает часть блеска звезды. Таким образом, можно учесть все обстоятельства и даже определить вес и размер Алголя и его темного спутника.

Существуют, однако, другие классы переменных звезд, колебания света которых вряд ли могут быть вызваны случайным затемнением темными телами. Это особенно верно в отношении тех переменных, которые обычно слабы, но время от времени вспыхивают на короткое время, после чего при временном возбуждении они снова опускаются до своего первоначального состояния. Периоды таких изменений обычно составляют от шести месяцев до двух лет. Наиболее известный пример звезды этого класса был открыт более трехсот лет назад. Он расположен в созвездии Кита, немного южнее экватора. Этот объект был самым ранним известным случаем переменной звезды, за исключением так называемых временных звезд, к которым мы сейчас обратимся. Переменная в Cetus получила название *Mira*, или чудесная. Период колебаний Мира Кита составляет около одиннадцати месяцев, большую часть этого времени звезда имеет девятую звездную величину и, следовательно, невидима невооруженным глазом. Когда наступает подходящее время, его яркость начинает увеличиваться довольно внезапно. Вскоре он становится заметным объектом второй или третьей величины. В таком состоянии он остается в течение восьми или десяти дней, а затем снижается медленнее, чем поднимался, пока не уменьшится до своей первоначальной слабости, примерно через триста дней после начала подъема.

Более поразительными для обычного наблюдателя, чем обычные переменные звезды, являются *временные звезды*, которые в редких случаях внезапно появляются на небе. Самым известным объектом такого рода был тот, который вспыхнул в начале ноября 1572 года и который при первом наблюдении был таким же ярким, как Венера в ее максимальной яркости. Действительно, зоркие люди могли бы увидеть ее при дневном свете. Насколько нам известно из истории, ни одна другая временная звезда никогда не была такой яркой, как эта. Это особенно связано с именем Тихо Браге, поскольку, хотя он и не был первооткрывателем, он провел наилучшие наблюдения этого объекта и доказал, что он находится на расстоянии, сравнимом с расстоянием от обычных неподвижных звезд. Тихо тщательно описал постепенный закат чудесной звезды, пока она не скрылась из виду примерно в конце марта 1574 года, поскольку телескоп, с помощью которого за ней, несомненно, можно было бы следить дальше, еще не был изобретен. Во время заката цвет объекта постепенно менялся; сначала он был белым, постепенно стал желтым, а весной 1573 года красноватым, как Альдебаран. Примерно в мае 1573 года нам несколько загадочно сообщают, что она "стала похожа на свинец или чем-то на Сатурн" и оставалась такой до тех

пор, пока была видна. Какой кладезь информации предоставили бы нам наши современные спектроскопы и другие приборы, если бы в наши дни вспыхнула такая великолепная звезда!

Но хотя в наше время нам не посчастливилось увидеть временную звезду столь великолепной, как та, которую видели Тихо Браге и его современники, нам выпала честь стать свидетелями нескольких незначительных вспышек подобного рода. Представляется вероятным, что у нас было бы больше записей о временных звездах прежних времен, если бы за ними лучше следили. Во всяком случае, такое впечатление складывается, когда мы видим, что некоторые из современных звезд этого типа почти совсем ускользнули от нас, несмотря на огромное количество телескопов, которые теперь направлены на небо каждой ясной ночью.

В 1866 году в созвездии Северной короны внезапно появилась звезда второй величины. Впервые его увидели 12 мая, а через несколько дней он начал исчезать. Карты северного неба Аргеландера были опубликованы несколькими годами ранее, и когда положение новой звезды было точно определено, оказалось, что оно идентично незначительной на вид звезде, отмеченной на одной из карт звездной величиной 9-1/2. Звезда существует на том же месте и по сей день, и она той же величины, что и до своего спазматического взрыва в 1866 году. Это была первая новая звезда, которую исследовали спектроскопически. Мы расскажем об этом в [главе XXIII](#). краткий отчет об особенностях его спектра.

Следующая из этих временных ярких звезд, Новая Звезда Лебеда, была впервые замечена Юлиусом Шмидтом в Афинах 24 ноября 1876 года, когда она находилась между третьей и четвертой звездными величинами, и он утверждает, что она не могла быть заметна четырьмя днями ранее, когда он смотрел на то же созвездие. По какой-то случайности новость об открытии не была должным образом распространена, и звезду нигде не наблюдали около десяти дней, когда она уже стала значительно слабее. Уменьшение яркости продолжалось очень медленно; в октябре 1877 года звезда имела только десятую звездную величину, и она продолжала становиться все слабее, пока не достигла пятнадцатой звездной величины; другими словами, она стала крошечной звездой телескопического размера, и поэтому все еще находится на том же самом месте. Поскольку эта звезда не достигала ни первой, ни второй величины, она, вероятно, вообще осталась бы незамеченной, если бы Шмидт случайно не взглянул на Лебеда в тот конкретный вечер.

Мы, скорее всего, не упустим возможности увидеть новую звезду, поскольку астрономы взяли на вооружение фотокамеру. Это стало очевидным в 1892 году, когда в Ауриге появилась последняя заметная временная звезда. 24 января доктор Андерсон, астроном из Эдинбурга, заметил желтоватую звезду пятой величины в созвездии Возничего, а неделю спустя, когда он сравнил звездную карту с небом и убедился, что объект действительно является новой звездой, он обнародовал свое открытие. В случае с этой звездой мы можем довольно точно зафиксировать момент, когда она впервые вспыхнула. В ходе регулярной фотосъемки небес, проводимой в обсерватории Гарвардского колледжа (Кембридж, Массачусетс), область неба, где появилась новая звезда, была сфотографирована тринадцатью ночами с 21 октября по 1 декабря 1891 года и двенадцатью ночами с 10 декабря по 20 января 1892 года. На первой серии пластин не было никаких следов Новой звезды, в то время как на самой первой пластине второй серии она была видна как звезда пятой величины. К счастью, оказалось, что профессор Макс Вольф из Гейдельберга, самый успешный астрономический фотограф, сфотографировал тот же регион 8 декабря, и на этой фотографии звезда не видна, так что в ту ночь она не могла быть такой яркой, как девятая величина. Следовательно, Новая Аурига, должно быть, вспыхнула внезапно между 8 и 10 декабря. Согласно гарвардским фотографиям, первый максимум яркости произошел

примерно 20 декабря, когда магнитуда составляла 4-1 / 2. Уменьшение яркости было очень неравномерным; звезда колебалась в течение пяти недель после первого февраля между четвертой и шестой звездной величиной, но после начала марта 1892 года яркость очень быстро уменьшилась, и в конце апреля звезду видели как чрезвычайно слабую (шестнадцатой звездной величины) с рефрактором грейт-Лик. Когда этот мощный инструмент снова был направлен на Новую звезду в августе следующего года, она поднялась почти до десятой звездной величины, после чего постепенно снова стала чрезвычайно слабой и остается такой до сих пор.

Временные и переменные звезды составляют лишь очень малую часть огромного числа звезд, которыми усеян небесный свод. То, что солнце - не более чем звезда, а звезды - не менее чем солнца, является кардинальным учением астрономии. Впечатляющее величие этой истины осознается только тогда, когда мы пытаемся оценить бесчисленные мириады звезд. Это проблема, в отношении которой наши расчеты неизбежно тщетны. Поэтому давайте призовем на помощь поэта, чтобы попытаться выразить неисчислимое, и завершим эту главу следующими строками мистера Аллингема:

Но сосчитайте каждую песчинку,
Где бы соленая волна ни коснулась суши;
Сосчитайте по отдельным каплям море;
Сосчитайте листья на каждом дереве,
Сосчитайте живых существ земли, всех
, которые бегают, летают, плавают, ползают;
Количество песков, капель, листьев и жизней
Складывается в одну огромную сумму,
И затем для каждого отдельного
Из всего этого пусть пылающее СОЛНЦЕ
Кружится в бескрайних небесах, с каждой
Ее массивной планетой, чтобы охватить
Все поле зрения. , вся мысль: ибо все, что мы видим,
Окруженное бесконечностью,
Всего лишь остров".

ГЛАВА XX.

ДВОЙНЫЕ ЗВЕЗДЫ.

Интересные звездные объекты—Звезды оптически двойные—Великое открытие двойных звезд, сделанное Гершелем—Двойные звезды описывают эллиптические траектории—Почему это так важно?—Закон всемирного тяготения—Особые двойные звезды—Кастор—Мицар—Цветные двойные звезды—β Лебедь.

Звездное небо содержит немногим больше интересных объектов для телескопа, чем можно найти в многочисленном классе двойных звезд. Их следует исчислять тысячами; действительно, *многие* тысячи можно найти в каталогах, посвященных этому специальному разделу астрономии. Многие из этих объектов, без сомнения, малы и сравнительно неинтересны, но некоторые из них относятся к числу наиболее заметных звезд на небе, таких

как Сириус, систему которого мы уже описывали. В этом кратком отчете мы выберем для специального обсуждения и иллюстрации несколько наиболее примечательных двойных звезд. Мы особо обратим внимание на некоторые из них, которые можно легко наблюдать в небольшой телескоп, и мы указали на набросках созвездий в предыдущей главе, как можно определить положение этих объектов на небе.

В 1678 году Кассини показал, что некоторые звезды, которые невооруженному глазу кажутся отдельными светящимися точками, на самом деле состоят из двух или более звезд, расположенных так близко друг к другу, что для их разделения требовался телескоп. [36] Число этих объектов постепенно увеличивалось за счет новых открытий, пока в 1781 году (в том же году, когда Гершель открыл Уран) астрономом Бодде не был опубликован список, содержащий восемьдесят двойных звезд. Эти интересные объекты привлекли внимание Гершеля во время его незабываемых исследований. Список известных двойников быстро пополнялся. Открытия Гершеля можно перечислить сотнями, в то время как он также начал систематические измерения расстояния, на которое были разделены звезды, и направления, в котором указывала соединяющая их линия. Именно эти измерения в конечном итоге привели к одному из самых важных и поучительных открытий Гершеля. Когда с течением лет его наблюдения были повторены, Гершель обнаружил, что в некоторых случаях взаимное расположение звезд изменилось. Таким образом, он пришел к открытию, что во многих двойных звездах компоненты настолько взаимосвязаны, что вращаются друг вокруг друга. Отметим важность этого результата. Мы должны помнить, что звезды - это солнца, возможно, сравнимые по величине с нашим солнцем; так что здесь мы имеем поразительное зрелище пар солнц, вращающихся друг вокруг друга. Нет ничего удивительного в том, что за движениями следует наблюдать, поскольку, по всей вероятности, каждое тело во Вселенной находится в движении. Особый характер движения особенно интересен и поучителен.

Предполагалось, что близость двух звезд, образующих двойник, должна быть только случайной. Считалось, что среди огромного множества звезд на небесах нередко случалось, что одна звезда находилась настолько близко позади другой (если смотреть с земли), что при наблюдении в телескоп они создавали эффект двойной звезды. Несомненно, многие из так называемых двойных звезд образуются именно таким образом. Открытие Гершеля показывает, что это объяснение не всегда дает ответ, но что во многих случаях мы действительно имеем две звезды, расположенные близко друг к другу и движущиеся вокруг своего общего центра тяжести.

Когда за многие годы были накоплены данные измерений расстояний и положений двойных звезд, они были переданы математикам для обработки их методами. У наблюдений за двойными звездами есть одна особенность: они не обладают — и не могут обладать — той точностью, которую требует компьютер орбит. Если расстояние между парой звезд, образующих двойную систему, составляет четыре секунды, то орбита, которую мы должны тщательно изучить, всего лишь равна кажущемуся размеру монетки на расстоянии одной мили. Потребовались бы очень тщательные измерения, чтобы различить форму пенни на расстоянии мили, даже в хорошие телескопы. Если бы пенни был немного наклонен, он казался бы не круглым, а овальным; и можно было бы, измерив этот овал, определить, насколько сильно был наклонен пенни. Все это требует умелой работы: ошибки, рассматриваемые по существу, могут быть невелики, но, если рассматривать их применительно ко всему объему рассматриваемых величин, они очень заметны. Следовательно, мы находим ошибки наблюдения гораздо более заметными в наблюдениях

этого класса, чем это обычно бывает, когда математик берет на себя задачу обсудить работу наблюдателя.

Интерпретация открытия Гершеля была сделана не им самим; свет математики был обращен на его наблюдения двойных звезд Савари, а затем и другими математиками. В ходе их поисковых запросов были выявлены ошибки измерений, и наблюдения были очищены от наиболее грубой части их неточности. Тогда математики могли бы применить к своим скорректированным материалам методы исследования, с которыми они были знакомы; они могли бы с достаточной точностью определить действительную форму орбиты двойных звезд и положение плоскости, в которой находится эта орбита. Результат не на шутку примечателен. Было доказано, что движение каждой из звезд осуществляется по эллипсу, в фокусе которого находятся центры тяжести двух звезд. На самом деле было показано, что это верно для многих двойных звезд; считается, что это верно для всех. Но почему это так важно? Разве движение по эллипсу недостаточно распространено? Разве земля не вращается по эллипсу вокруг Солнца? И планеты тоже не вращаются по эллипсам?

Именно тот факт, что эллиптическое движение так распространено на планетах солнечной системы, придает его открытию в двойных звездах такое значение. Из чего возникает эллиптическое движение в солнечной системе? Разве это не связано с законом притяжения, открытым Ньютоном, который гласит, что каждая масса притягивает любую другую массу с силой, изменяющейся обратно пропорционально квадрату расстояния? Было обнаружено, что этот закон притяжения пронизывает всю солнечную систему, и он с поразительной точностью объясняет движения тел нашей системы. Но солнечная система, состоящая из солнца и планет, с их спутниками, кометами и множеством более мелких тел, образовывала всего лишь небольшую группу островов во Вселенной. В экономике этого крошечного космического острова безраздельно властвует закон всемирного тяготения; до открытия Гершеля мы никогда не могли знать, не был ли этот закон просто частью местного законодательства, разработанного специально для нужд нашей конкретной системы. Это открытие дало нам знания, которые мы не могли получить ни из какого другого источника. От двойных звезд донесся шепот из бескрайней бездны космоса. Этот шепот сказал нам, что закон всемирного тяготения не присущ только солнечной системе. Он сказал нам, что закон распространяется на далекие берега бездны, в которой расположен наш остров. Это дает нам основания полагать, что закону всемирного тяготения подчиняются по всей длине, ширине и глубине всей видимой вселенной.

Одна из самых прекрасных двойных звезд - Кастор, самая яркая из двух главных звезд в созвездии Близнецов. Положение Кастора на небесах указано на [рис. 86](#), стр. 418. Невооруженным глазом Кастор напоминает одиночную звезду; но в умеренно хороший телескоп можно обнаружить, что то, что кажется одной звездой, на самом деле является двумя отдельными звездами, одна из которых имеет третью звездную величину, в то время как другая несколько меньше. Угловое расстояние между этими двумя звездами на небе не так велико, как угол, уменьшенный линией длиной в дюйм, видимой с расстояния полумили. Кастор - одна из двойных звезд, у компонентов которой было замечено, что они обладают вращательным движением. Движение, однако, чрезвычайно медленное, и потребуются столетия, прежде чем революция будет полностью осуществлена.

Красивую двойную звезду можно легко идентифицировать в созвездии Большой Медведицы ([см. рис. 80](#), стр. 410). Она известна как Мицар и является средней звездой (ζ) из трех, образующих хвост. В непосредственной близости от Мицара находится маленькая звезда Алькор, которую легко увидеть невооруженным глазом; но когда мы говорим о Мицаре как о двойной звезде, не следует понимать, что Алькор является одним из компонентов двойника.

Под увеличительным стеклом телескопа видно, что Алькор удален от Мицара на большое расстояние, в то время как сам Мицар разделен на два солнца, расположенных близко друг к другу. Эти компоненты имеют вторую и четвертую величины соответственно, и поскольку видимое расстояние почти в три раза больше, чем у Кастора, их легко наблюдать даже в небольшой телескоп. Это, действительно, лучшая двойная звезда на небе, с которой новичок может начать свои наблюдения. Однако мы не можем утверждать, что Мицар является бинарным, поскольку наблюдения еще не установили существование вращательного движения. Еще меньше мы можем сказать, является ли Алькор членом той же группы или это не просто звезда, случайно попавшая почти в поле зрения. Недавние спектроскопические наблюдения показали, что более крупный компонент Мицара сам по себе является двойным, состоящим из пары солнц, расположенных так близко друг к другу, что нет ни малейшей возможности увидеть их по отдельности в самый мощный телескоп в мире.

Приятным классом двойных звезд является тот, в котором мы наблюдаем замечательное явление цвета, разительно отличающегося от цвета обычных звезд. Среди последних мы находим, в подавляющем большинстве случаев, не очень характерный оттенок; однако некоторые из них более или менее окрашены в красный цвет, некоторые решительно румяные, а некоторые интенсивно красные. Звезды голубоватого или зеленоватого цвета встречаются гораздо реже, [37] и когда звезда такого характера все же встречается, она почти всегда является одной из пары, образующей двойную. Другая двойная звезда иногда имеет тот же оттенок, но чаще всего она желтая или красноватая.

Один из самых красивых из этих объектов, который находится в пределах досягаемости телескопов с очень умеренными претензиями, находится в созвездии Лебедя и известен как β Cygni (рис. 91). Этот изысканный объект состоит из двух звезд. Большая, примерно третьей величины, золотисто-желтого, или топазового, цвета; меньшая, шестой величины, светло-голубая. Эти цвета почти дополняют друг друга, но все же не может быть никаких сомнений в том, что эффект заключается не просто в контрасте. То, что обе эти звезды окрашены в указанные нами оттенки, можно показать, спрятав каждую из них последовательно за полосой, расположенной в поле зрения. Это также было подтверждено весьма поразительным образом спектроскопическим исследованием; ибо мы видим, что голубая звезда испытала особое поглощение красных лучей, в то время как более красноватый свет другой звезды возник в результате поглощения синих лучей. Контраст цветов в этом объекте часто можно очень эффективно разглядеть, выведя окуляр из фокуса. Полученные таким образом диски демонстрируют контраст цветов лучше, чем когда телескоп показывает только две звездные точки.

Таковы некоторые из этих двойных и кратных звезд. Их число ежегодно увеличивается; действительно, один наблюдатель — мистер Бернхэм, ранее работавший в обсерватории Лик, а ныне наблюдающий в Йеркской обсерватории, — благодаря своим собственным исследованиям добавил более 1000 новых двойников к списку ранее известных.

Интерес к этому классу объектов неизбежно должен возрасти, если мы подумаем о том, что, какими бы маленькими ни казались звезды в наши телескопы, на самом деле они являются солнцами огромного размера и великолепия, во многих случаях соперничающими с нашим собственным солнцем или, возможно, даже превосходящими его. Есть ли у этих солнц планеты, сопровождающие их, мы не можем сказать; света, отраженного от планеты, было бы совершенно недостаточно для проникновения в огромное пространство, отделяющее нас

от звезд. Если эти объекты окружены планетами, то вместо одного солнца такие планеты будут освещаться двумя или, возможно, даже большим количеством солнц. Какими чудесными эффектами света и тени должны быть в результате! Иногда оба солнца будут находиться над горизонтом вместе, иногда только одно солнце, а иногда оба будут отсутствовать. Особенно примечательным было бы состояние планеты, солнца которой относятся к цветному типу. Сегодня у нас есть красное солнце, освещающее небеса, завтра это будет синее солнце, и, возможно, послезавтра и красное солнце, и синее солнце будут на небосводе вместе. Какое бесконечное разнообразие пейзажей наводит на такую мысль! Однако существуют серьезные динамические причины сомневаться в том, что условия, при которых такая планета могла бы существовать, могут быть сделаны совместимыми с жизнью, в какой-либо степени напоминающей ту жизнь, с которой мы знакомы. Задача о движении планеты под влиянием двух солнц является одной из самых сложных, которые когда-либо ставились перед математиками, и действительно, при нынешнем состоянии анализа невозможно с точностью решить все вопросы, которые она ставит. Кажется совсем не маловероятным, что возмущения орбиты планеты были бы настолько велики, что она подвергалась бы воздействию перепадов освещенности и температуры, намного превосходящих те, которые испытывает планета, движущаяся, подобно земле, под верховным контролем единственного солнца.

ГЛАВА XXI.

РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ЗВЕЗДАМИ.

Зондирование-линия для определения пространства—Труды Бесселя—Значение годового параллакса—Проиллюстрированная величина параллактического эллипса—Случай 61 Лебеда—Использованы разные звезды для сравнения—Правильное движение Звезды—Исследования Струве—Можно ли их согласовать?—Исследования в Дансинке—Получено заключение—Проверена точность, допускаемая такими наблюдениями—Правильное движение 61 Лебеда—Постоянство звездного неба—Новая звезда в созвездии Лебеда—Его история—Отсутствие заметного параллакса—Мощная вспышка света—Движение Солнечной системы в пространстве—Открытие Гершеля—Путешествие к Лире—Вероятности.

Мы давно знаем размеры Солнечной системы с более или менее точностью. Наши знания включают расстояния планет и комет от солнца, а также их движения. Мы также обладаем значительными знаниями о диаметрах и массах многих различных тел, принадлежащих Солнечной системе. Фактически, нам давно известны многие детали изолированной группы, прижавшейся друг к другу под защитой солнца. Проблема, подлежащая рассмотрению в настоящей главе, включает в себя еще более масштабный обзор, чем требуется для измерений нашей солнечной системы. Мы предлагаем провести линию зондирования через огромную пропасть, которая отделяет группу тел, тесно связанных вокруг нашего солнца, от других звезд, рассеянных по сферам космоса. На протяжении веков великая проблема звездных расстояний привлекала внимание тех, кто изучал небеса. Здесь было бы невозможно попытаться даже в общих чертах описать различные исследования, которые были проведены по этому вопросу. В ограниченном обзоре, который мы можем сделать, мы должны сначала взглянуть на замечательные спекулятивные усилия, которые были

направлены на решение этой проблемы, а затем мы обратимся к тем работам, которые ввели проблему в область точной астрономии.

Ни одна попытка решить проблему абсолютных расстояний до звезд не увенчалась успехом еще много лет спустя после закрытия работ Гершеля. Новые поколения астрономов, вооруженных новыми приборами, в течение многих лет с неослабевающим усердием занимались этим вопросом, но долгое время эти усилия казались безнадежными. Расстояния между звездами были настолько велики, что их нельзя было определить до тех пор, пока не были применены предельные усовершенствования механического мастерства и самые сложные методы математических расчетов, чтобы решить эту проблему. Наконец было обнаружено, что проблема начинает разрешаться. Несколько звезд были вынуждены раскрыть секрет своего расстояния. Мы можем дать некоторый ответ на вопрос — как далеко находятся звезды? хотя следует признать, что наш ответ на данный момент является нерешительным и несовершенным. Даже те небольшие знания, которые были получены, представляют интерес и важность. Как часто бывает в подобных случаях, определение расстояния до звезды было сделано независимо примерно в одно и то же время двумя или тремя астрономами. Имя Бесселя заметно выделяется в этой памятной главе астрономии. Бессель доказал (1840), что расстояние до звезды, известной как 61 Лебедь, является измеримой величиной. Его демонстрация обладала такой неопровержимой логикой, что невозможно было удержаться от всеобщего одобрения. Почти одновременно с классическими работами Бесселя мы имеем измерение Струве расстояния до Веги и определение Гендерсоном расстояния до южной звезды α Центавра. Эти открытия вызвали большой интерес в астрономическом мире, и Королевское астрономическое общество наградило Бесселя своей золотой медалью. Обращение по случаю вручения медали было надлежащим образом возложено на сэра Джона Гершеля: это обращение является наиболее красноречивой данью уважения трудам трех астрономов. Мы не можем удержаться, чтобы не процитировать несколько строк, в которых сэр Джон сказал:

"Джентльмены Королевского астрономического общества, я поздравляю вас и себя с тем, что мы дожили до того, чтобы увидеть великий и доселе непреодолимый барьер на пути нашего путешествия в звездную вселенную, тот барьер, о который мы так долго и тщетно бились, — *estuantes angusto limite mundi* — почти одновременно преодоленный в трех разных точках. Это величайший и наиболее славный триумф, свидетелем которого когда-либо была практическая астрономия. Возможно, мне не следует высказываться столь категорично; возможно, мне следует сохранить некоторую сдержанность в пользу голой вероятности того, что все это может быть иллюзией, и что будущие исследования, как они неоднократно делали раньше, могут и сейчас не подтвердить этот благородный результат. Но я признаю, что не способен на такое благоразумие при таком волнении. Давайте лучше примем радостные предзнаменования того времени и поверим, что, поскольку барьер начал сдаваться, он вскоре будет окончательно повержен".

Прежде чем продолжить, будет удобнократко объяснить, как можно измерить расстояние до звезды. Эта проблема совершенно иного характера, чем проблема расстояния до солнца, которую мы уже обсуждали на этих страницах. Наблюдения для определения звездного параллакса основаны на известной истине о том, что земля вращается вокруг Солнца. Для нашей настоящей цели мы можем предположить, что земля вращается по круговой траектории. Центр этой траектории находится в центре солнца, а радиус траектории составляет 92 900 000 миль. Из-за нашего положения на земле мы наблюдаем за звездами с точки зрения, которая постоянно меняется. Летом земля находится на расстоянии 185 800 000 миль от того положения, которое она занимала зимой. Отсюда следует, что видимые

положения звезд, спроецированные на фон неба, должны претерпевать соответствующие изменения. Сейчас мы не имеем в виду, что фактические положения звезд действительно смещены. Изменения только кажущиеся, и, не обращая внимания на наше собственное движение, которое вызывает смещения, мы приписываем изменения звездам.

На схеме на рис. 93 изображен эллипс, по окружности которого отмечены определенные месяцы, а именно январь, апрель, июль, октябрь. Этот эллипс можно рассматривать как миниатюрное изображение орбиты Земли вокруг Солнца. В январе земля находится в отмеченном таким образом месте; в апреле она проделала четверть всего пути; и так далее по всему кругу, возвращаясь в свое первоначальное положение в течение одного года. Когда мы смотрим с позиции земли в январе, мы видим звезду А, проецируемую на точку неба, отмеченную цифрой 1. Три месяца спустя наблюдатель со своим телескопом переносится на апрель; но теперь он видит звезду, спроецированную в положение, обозначенное цифрой 2. Таким образом, поскольку наблюдатель движется по всей орбите за год обращения Земли, кажется, что звезда движется по эллипсу на фоне неба. На техническом языке астрономов мы называем это параллактическим эллипсом, и именно путем измерения большой оси этого эллипса мы определяем расстояние звезды от солнца. Половина этой большой оси, или, что то же самое, угол, на который уменьшается радиус земной орбиты при наблюдении со звезды, называется "годовым параллаксом" звезды.

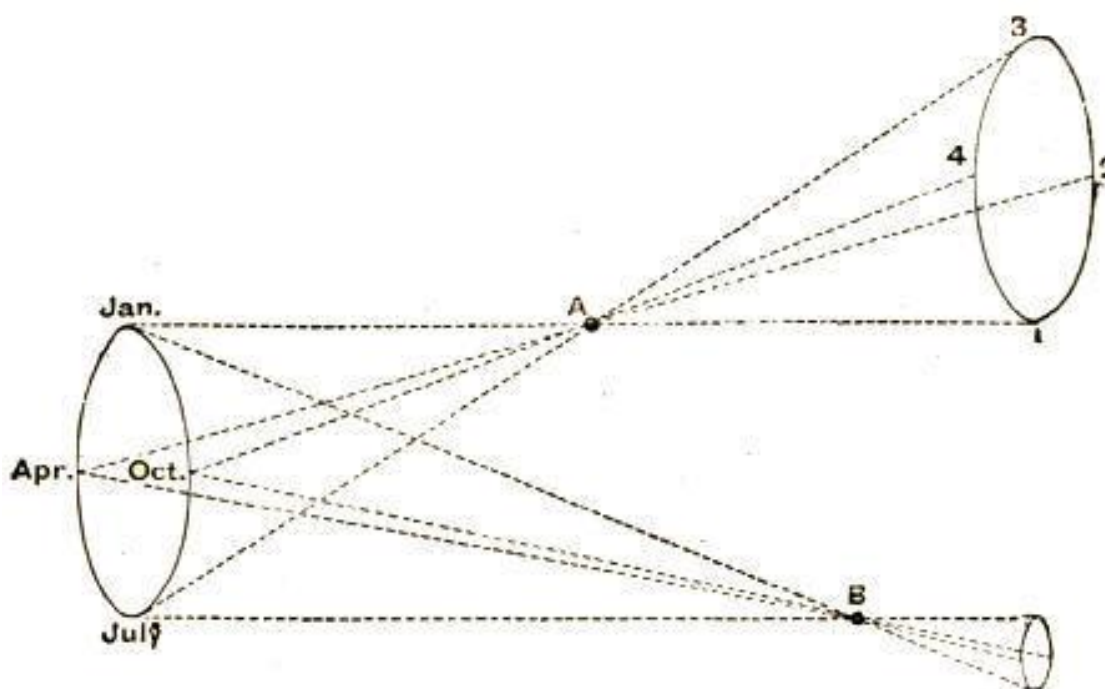


Рис. 93.

Параллактический эллипс.

На рисунке показана другая звезда, В, более удаленная от Земли и Солнечной системы в целом, чем рассмотренная ранее звезда. Эта звезда также описывает эллиптическую траекторию. Однако мы не можем не заметить, что параллактический эллипс, принадлежащий В, намного меньше, чем у А. Разница в размерах эллипсов возникает из-за разного расстояния звезд от земли. Чем ближе звезда к земле, тем больше эллипс, так что ближайшая звезда на небе будет описывать наибольший эллипс, в то время как самая удаленная звезда будет описывать наименьший эллипс. Таким образом, мы видим, что расстояние до звезды обратно пропорционально размеру эллипса, и если мы измерим угловое значение большой оси эллипса, то с помощью чрезвычайно простых математических манипуляций расстояние до звезды может быть выражено как кратное

радиусу земной орбиты. Предполагая, что этот радиус равен 92 900 000 миль, расстояние до звезды получается простым арифметическим путем. Сложность этого процесса возникает из-за того, что эти эллипсы настолько малы, что наши микрометры часто не могут их обнаружить.

Как нам адекватно описать чрезвычайную мелькость параллактических эллипсов даже в случае ближайших звезд? На техническом языке астрономов мы можем заявить, что самый большой диаметр эллипса никогда не уменьшает угол более чем на полторы секунды. Несколько более популярным способом мы бы сказали, что большая ось самого большого параллактического эллипса в тысячу раз меньше диаметра полной луны. Для еще более простой иллюстрации давайте попробуем представить себе монетку в пенни, помещенную на расстоянии двух миль. Если смотреть сбоку, он будет линейным, если немного наклонить, то он будет эллиптическим; но эллипс даже на таком расстоянии будет больше наибольшего параллактического эллипса любой звезды на небе. Предположим, что вокруг наблюдателя описана сфера радиусом в две мили. Если бы на эту сферу перед каждой из звезд поместили монетку, каждый параллактический эллипс был бы полностью скрыт.

Звезда в созвездии Лебеда, известная как 61 Лебедь, не примечательна ни своими размерами, ни яркостью. Она едва видна невооруженным глазом, и есть несколько тысяч звезд, которые, по-видимому, крупнее и ярче. Однако это очень интересный пример того замечательного класса объектов, который известен как двойные звезды. Она состоит из двух почти одинаковых звезд, расположенных близко друг к другу и, очевидно, связанных узами взаимного притяжения. Внимание астрономов также специально приковано к звезде из-за ее большого собственного движения. Благодаря этому правильному движению два компонента вместе перемещаются по небу со скоростью пять секунд в год. Собственное движение такой величины встречается крайне редко, но мы не говорим, что оно не имеет аналогов, поскольку есть несколько звезд, у которых собственное движение еще более быстрое; но замечательный двойной характер 61 Лебеда в сочетании с большим собственным движением делают его уникальным объектом, во всяком случае, в северном полушарии.

Когда Бессель предложил предпринять великое исследование, с которым его имя будет навсегда связано, он решил посвятить один, или два, или три года непрерывным наблюдениям за одной звездой с целью тщательного измерения ее параллактического эллипса. Как ему было выбрать объект, на который предстояло затратить столько труда? Крайне важно было выбрать звезду, которая оказалась бы достаточно близкой, чтобы вознаградить его усилия, продемонстрировав измеримый параллакс. И все же он мог руководствоваться лишь догадками и аналогиями. Ему пришло в голову, что исключительные особенности 61 Лебеда дают необходимые основания для предположения, и он решил применить процесс наблюдения к этой звезде. Он посвятил этой работе большую часть трехлетнего периода и преуспел в определении ее удаленности от земли.

Со времени выступления сэра Джона Гершеля 61 Лебедь привлекал к себе пристальное внимание астрономов. Фактически, мы могли бы сказать, что каждое последующее поколение предпринимает новое обсуждение расстояния до этой звезды с целью подтверждения или критики первоначального открытия Бесселя. Приведенная здесь диаграмма (рис. 94) призвана проиллюстрировать недавнюю историю 61 Лебеда.

Когда Бессель приступил к своим работам, пара звезд, образующих двойник, находилась в точке, обозначенной на диаграмме датой 1838 года. Следующая эпоха наступила пятнадцать лет спустя, когда Отто Струве предпринял свои исследования, и пара звезд к тому времени

переместилась в положение, обозначенное 1853 годом. Наконец, когда тот же объект был совсем недавно замечен в обсерватории Дансинк, пара продвинулась еще дальше, к положению, указанному датой 1878. Таким образом, за сорок лет эта двойная звезда прошла по небесной дуге длиной более трех минут. Фактический путь, действительно, сложнее простого прямолинейного движения. Две звезды, образующие двойник, имеют определенную относительную скорость вследствие их взаимного притяжения. Однако нет необходимости принимать это во внимание, поскольку возникающее таким образом смещение в течение одного года слишком незначительно, чтобы оказать какое-либо неблагоприятное воздействие на параллактический эллипс.

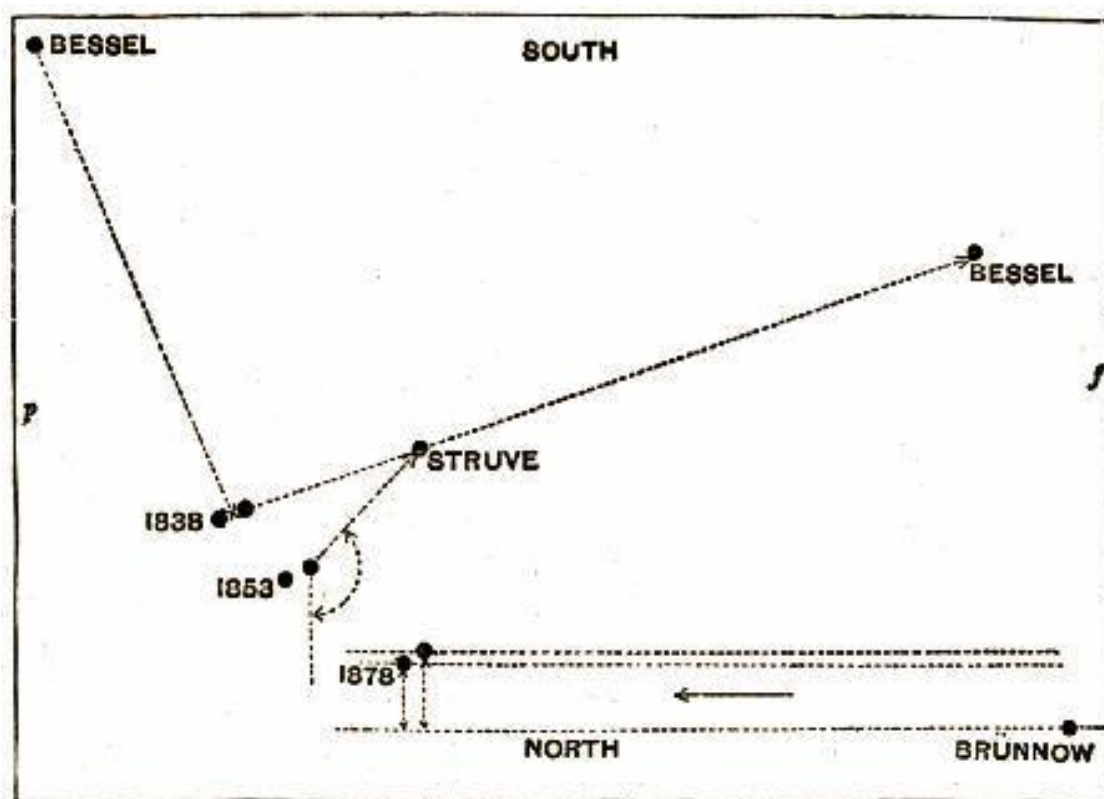


Рис. 94.-61

Лебедь и звезды сравнения.

Случай 61 Лебеда, однако, исключительный. Это один из наших ближайших соседей на небесах. Мы никогда не сможем определить его расстояние с точностью до одного или двух миллиардов миль; но все же у нас есть понимание, что неопределенность в двадцать миллиардов - это слишком большой процент от общего числа. Сейчас мы покажем, что, по нашему мнению, Струве был прав, но из этого не обязательно следует, что Бессель ошибался. Очевидный парадокс можно легко объяснить. Это было бы нелегко объяснить, если бы Струве использовал *ту же сравнительную звезду*, что и Бессель; но сравнительная звезда Струве отличалась от любой из звезд Бесселя, и это, вероятно, является причиной расхождения. Следует помнить, что суть процесса состоит в сравнении небольшого эллипса, образованного удаленной звездой, с большим эллипсом, образованным более близкой звездой. Если бы две звезды находились на одинаковом расстоянии, этот процесс был бы совершенно неприменим. В таком случае, независимо от того, насколько близко звезды находились к земле, параллакс обнаружить не удалось бы. Чтобы метод был полностью успешным, звезда сравнения должна быть по крайней мере в восемь раз дальше главной звезды. Принимая это во внимание, вполне возможно согласовать меры Бесселя с мерами Струве. Нам нужно только предположить, что звезды сравнения Бесселя примерно в три раза дальше 61 Лебеда, в то время как звезда сравнения Струве по крайней мере в восемь

или десять раз дальше. Мы можем добавить, что, поскольку звезды для сравнения, используемые Бесселем, ярче, чем звезды Струве, действительно существует предположение, что последняя является самой удаленной из трех.

Здесь мы имеем дело с характерной особенностью этого метода определения параллакса. Даже если бы все наблюдения и сокращения ряда параллаксов были математически правильными, мы не смогли бы со строгой корректностью описать конечный результат как параллакс одной звезды. Это всего лишь *разница* между параллаксом звезды и параллаксом звезды сравнения. Следовательно, мы можем только утверждать, что искомый параллакс не может быть меньше определенной величины. При таком рассмотрении расхождение между Струве и Бесселем исчезает. Бессель утверждал, что расстояние 61 Лебеда не могло быть *больше* чем шестидесяти миллиардов миль. Струве не опроверг это — более того, он определенно подтвердил это, — когда показал, что расстояние не может быть больше сорока миллиардов.

Прошло почти полвека с тех пор, как Струве сделал свои наблюдения. Эти наблюдения, безусловно, были оспорены; но в целом они подтверждаются другими исследованиями. В критическом обзоре предмета Оверс показал, что определение Струве заслуживает значительного доверия. Тем не менее, несмотря на это авторитетное заявление, изучение 61 Лебеда неоднократно возобновлялось. Доктор Бруннов, будучи королевским астрономом Ирландии, начал серию наблюдений параллакса 61 Лебеда, которые были продолжены и завершены настоящим автором, его преемником. Бруннов выбрал четвертую сравнительную звезду (отмеченную на диаграмме), отличную от любой из тех, которые использовались предыдущими наблюдателями. Метод наблюдений, который использовал Бруннов, сильно отличался от метода Струве, хотя в обоих случаях использовался филиарный микрометр. Бруннов стремился определить параллактический эллипс, измеряя разницу в склонении между 61 звездой Лебеда и звездой сравнения. [38] В течение года обнаружено, что разница в склонении претерпевает периодические изменения, и из этого изменения можно вычислить параллактический эллипс. В первой серии наблюдений я измерил разницу склонений между предыдущей звездой 61 Лебеда и звездой сравнения; во второй серии я взял другой компонент 61 Лебеда и ту же звезду сравнения. Таким образом, в результате двухлетней работы мы получили два совершенно независимых определения параллакса. Первый из них составляет расстояние в сорок миллиардов миль, а второй - почти точно такое же. Не может быть никаких сомнений в том, что эта работа подтверждает решимость Струве скорректировать позицию Бесселя, и поэтому мы, возможно, можем подвести итог нынешнему состоянию наших знаний по этому вопросу, сказав, что расстояние в 61 Лебеда гораздо ближе к сорока миллиардам миль, которые обнаружил Струве, чем к шестидесяти миллиардам, которые обнаружил Бессель. [39]

Желательно предоставить читателю возможность сформировать его собственное мнение относительно качества доказательств, доступных в таких исследованиях. Диаграмма, показанная здесь на рис. 95, была построена с использованием этого объекта. Она предназначена для иллюстрации второй серии наблюдений разницы в склонении, которые я сделал в Дансинке. Каждая из точек соответствует наблюдениям за одну ночь. Высота точки соответствует наблюдаемой разнице склонений между звездой 61 (B) Лебеда и звездой сравнения. Расстояние вдоль горизонтальной линии — или оси абсцисс, как называли бы это математики, — представляет дату. Эти наблюдения более или менее регулярно группируются вблизи определенной кривой. Эта кривая показывает, где должны были проводиться наблюдения, если бы они были абсолютно идеальными. Расстояния между точками и кривой можно рассматривать как ошибки, допущенные при проведении наблюдений.

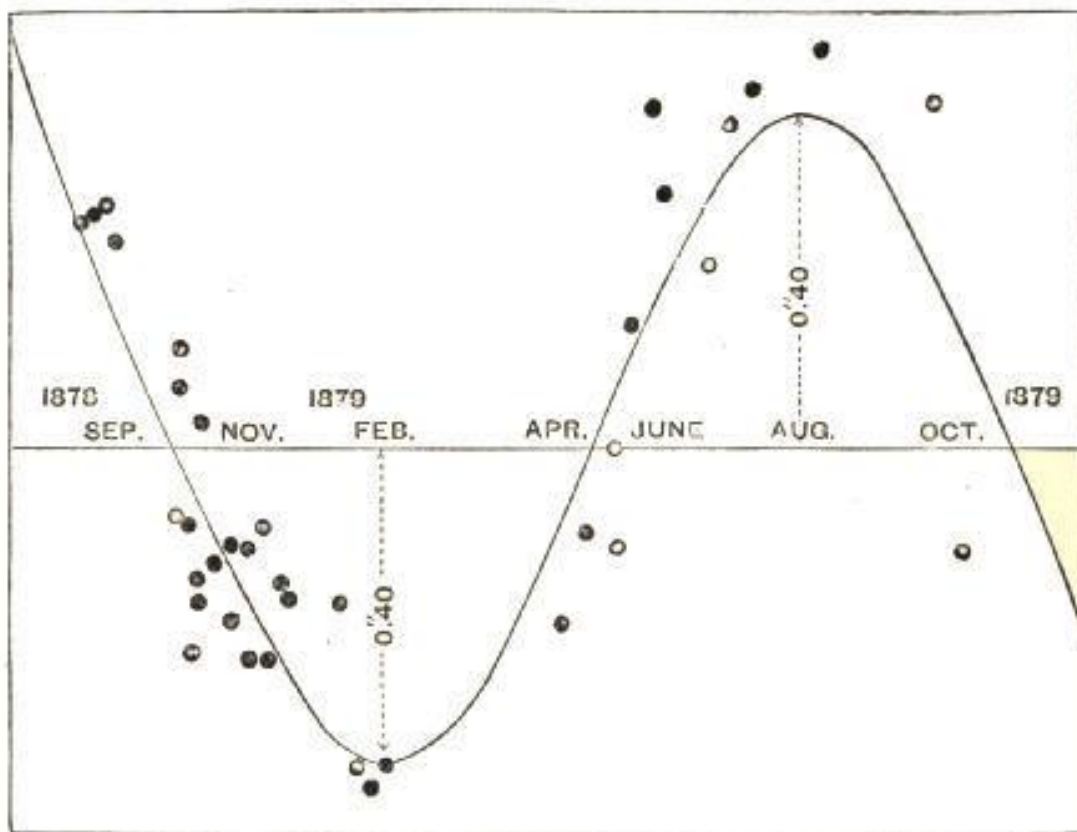


Рис.

95. Параллакс в склонении 61 Лебеда.

Возможно, кто-то подумает, что во многих случаях эти ошибки, по-видимому, достигают очень нежелательных размеров. Поэтому давайте поспешим сказать, что эта диаграмма была показана именно с целью выявления этих ошибок; мы должны показать слабость аргумента не меньше, чем его силу. Ошибки наблюдений, однако, по сути своей не так велики, как может показаться на первый взгляд. Чтобы понять это, необходимо только интерпретировать масштаб, в котором была составлена эта диаграмма, путем сравнения с известными стандартами. Расстояние от самой вершины кривой до горизонтальной линии обозначает угол всего в четыре десятых секунды. Это примерно видимый диаметр монетки в пенни на расстоянии *десяти миль*! Теперь мы можем оценить истинную величину допущенных ошибок. Следует заметить, что ни одна из точек не удалена от кривой более чем на половину высоты кривой. Таким образом, оказывается, что наибольшая ошибка во всей серии наблюдений составляет всего лишь две или три десятых секунды. Это равносильно тому, что мы направили телескоп на верхний край монетки в пятнадцати-двадцати милях от нас, а не на нижний край. Это не такая уж большая ошибка. Команда стрелков, чьи ошибки при наведении были более чем в сто раз больше, все равно могла бы уверенно выиграть все призы в Бисли.

Мы познакомились с историей 61 Лебеда с некоторыми подробностями, потому что это звезда, расстояние до которой изучено лучше всего. Мы не говорим, что 61 Лебедь - ближайшая из всех звезд; действительно, было бы очень опрометчиво утверждать, что какая-то конкретная звезда была ближайшей из всех бесчисленных миллионов в небесном воинстве. Мы определенно знаем одну звезду, которая кажется ближе, чем 61 Лебедь; она находится в одном из южных созвездий, и ее имя α Центавра. Эта звезда действительно представляет незабываемый интерес в истории данного предмета. Ее параллакс был

впервые определен на мысе Доброй Надежды Хендерсоном; последующие исследования подтвердили его наблюдения, а тщательные исследования доктора Гилла доказали, что параллакс этой звезды составляет около трех четвертей секунды, то есть всего две трети расстояния в 61 Лебедя.

61 Лебедь привлек наше внимание, в первую очередь, тем обстоятельством, что его собственное движение составляло пять секунд в год. Мы также установили, что годовой параллакс составляет около половины секунды. Сочетание этих двух утверждений приводит к результату, представляющему значительный интерес. Это учит нас, что 61 Лебедь должен каждый год преодолевать расстояние, не менее чем в десять раз превышающее радиус земной орбиты. Переводя это в обычные цифры, мы узнаем, что эта звезда должна проходить девятьсот двадцать миллионов миль в год. Он должен преодолевать от двух до трех миллионов миль в день, но этого можно достичь, только поддерживая огромную скорость в тридцать миль в секунду. Похоже, от этого вывода никуда не деться. Факты, которые мы описали и которые теперь достаточно хорошо установлены, несовместимы с предположением, что скорость 61 Лебеда составляет менее тридцати миль в секунду; скорость может быть больше, но меньше она быть не может.

В течение последних ста пятидесяти лет мы знаем, что 61 Лебедь движется в том же направлении и с той же скоростью. До появления телескопа у нас не было наблюдений, которыми мы могли бы руководствоваться; следовательно, мы не можем быть абсолютно уверены в более ранней истории этой звезды, и все же разумно предположить, что 61 Лебедь двигался с далекой древности со скоростью, сравнимой с той, которую он имеет в настоящее время. Если бы беспокоящие влияния полностью отсутствовали, не могло бы быть и следа сомнений по этому поводу. *Некоторое* возмущающее влияние, однако, должно быть; вопрос только в том, достаточно ли этого возмущающего влияния, чтобы серьезно изменить сделанное нами предположение. Мощное возмущающее воздействие может значительно изменить скорость звезды; оно может отклонить звезду от ее прямолинейного курса; оно может даже заставить звезду двигаться по замкнутой орбите. Однако мы не считаем, что необходимо учитывать какое-либо возмущающее влияние такой величины, и не может быть никаких разумных сомнений в том, что 61 Лебедь движется в настоящее время по траектории, очень близкой к прямой, и со скоростью, очень близкой к равномерной.

Поскольку расстояние 61 Лебеда от солнца составляет сорок миллиардов миль, а его скорость - тридцать миль в секунду, легко определить, сколько времени потребуется звезде, чтобы совершить путешествие, равное ее расстоянию от солнца. Необходимое время составит около 40 000 лет. За последние 400 000 лет 61 Лебедь переместится на расстояние, в десять раз превышающее его нынешнее расстояние от солнца, каким бы ни было направление движения. Следовательно, 400 000 лет назад эта звезда должна была находиться примерно в десять раз дальше от земли, чем сейчас. Хотя эта эпоха невероятно более отдалена, чем любая историческая запись, она, возможно, несравнимас продолжительностью существования человечества; хотя по сравнению с огромным промежутком геологического времени такие периоды кажутся тривиальными и незначительными. Геологи давным-давно отвергли всего лишь тысячи лет; теперь они утверждают, что геологические явления происходят миллионы и многие миллионы лет. Если земля существует миллионы лет, как утверждают геологи, то астрономам становится разумным рассуждать о явлениях, которые произошли на небесах по прошествии тех же веков. С помощью нашего знания расстояний до звезд в сочетании с предполагаемой скоростью в тридцать миль в секунду мы можем попытаться заглянуть в далекое прошлое и показать, насколько велики изменения, которые, по-видимому, претерпела наша вселенная.

Через миллион лет 61 Лебедь, по-видимому, пройдет расстояние, в двадцать пять раз превышающее его нынешнее расстояние от Солнца. В каком бы направлении ни двигался 61 Лебедь — к земле или от земли, вправо или влево, миллион лет назад он должен был находиться примерно в двадцать пять раз дальше, чем сейчас; но даже на нынешнем расстоянии 61 Лебедь - маленькая звезда; будь она в десять раз дальше, ее можно было бы увидеть только в хороший телескоп; будь она в двадцать пять раз дальше, ее едва можно было бы разглядеть в наши самые большие телескопы.

Выводы, сделанные в отношении 61 Лебеда, могут быть применены с разной степенью акцента к другим звездам. Таким образом, мы приходим к выводу, что многие звезды, которыми усыпано небо, по-видимому, находятся в замедленном движении. Но это движение, хотя и кажущееся медленным, на самом деле может быть очень быстрым. Когда мы стоим на берегу моря и смотрим на пароход на далеком горизонте, мы едва замечаем, что пароход движется. Это правда, что, посмотрев снова через несколько минут, мы можем заметить изменение его положения; но движение парохода кажется медленным. Однако, если бы мы находились рядом с пароходом, то обнаружили бы, что он мчится со скоростью многих миль в час. Иллюзию создает расстояние. Так и со звездами: кажется, что они движутся медленно, потому что они очень далеки, но если бы мы были рядом с ними, то увидели бы, что в большинстве случаев их движение в тысячу раз быстрее, чем у самого быстрого парохода, когда-либо бороздившего океан.

Таким образом, кажется, что постоянство звездного неба и неизменность созвездий в их относительном положении лишь эфемерны. Когда мы поднимаемся к созерцанию таких обширных периодов времени, как показывают геологические исследования, долговечность созвездий исчезает! По прошествии этих колоссальных эпох звезды и созвездия постепенно исчезают из виду, чтобы их заменили другие, не более постоянные.

Нередко случается, что исследование параллакса оказывается безуспешным. Работа закончена, наблюдения сокращены и обсуждены, и все же никакого значения параллакса получить не удастся. Расстояние до звезды настолько велико, что наша базовая линия, хотя и составляет почти двести миллионов миль в длину, слишком коротка, чтобы выдерживать какое-либо заметное соотношение с расстоянием до звезды. Однако даже из таких неудач часто можно извлечь информацию.

Позвольте мне проиллюстрировать это на примере моего собственного опыта в Дансинке. Мы уже упоминали, что 24 ноября 1876 года известный астроном — доктор Шмидт из Афин - заметил новую яркую звезду третьей величины в созвездии Лебеда. 20 ноября Новая Звезда Лебеда была невидима. Никто не может сказать, вспыхнула ли она впервые 21, 22 или 23 числа; но 24-го она была обнаружена. Уже тогда казалось, что его яркость ослабевает; так что, предположительно, он был самым ярким в какой-то момент между 20 и 24 ноября. Таким образом, вспышка должна была быть сравнительно внезапной, и мы не знаем ни одной причины, которая объясняла бы такое явление проще, чем гигантское столкновение. Снижение яркости было гораздо более медленным, чем ее рост, и прошло более двух недель, прежде чем звезда снова стала незначительной — два-три дня (или меньше) на подъем, две-три недели на спад. Однако даже две или три недели были недостаточным сроком для того, чтобы потушить столь мощный пожар. Сравнительно легко предложить объяснение внезапной вспышки; не столь легко понять, как ее удалось подавить за несколько недель. Для охлаждения чугунной отливки хорошего размера в одном из наших литейных цехов требуется почти столько же времени, сколько потребовалось для тушения небесных пожаров в Новой Лебедине!

На этом основании казалось вполне разумным предположить, что, возможно, Новая Звезда Лебеда на самом деле не была очень обширным пожаром. Но если бы это было так, то звезда должна была находиться сравнительно *близко* к земле, поскольку она представляла собой такое блестящее зрелище и привлекала так много внимания. Таким образом, он представлялся вероятным объектом для исследования параллакса; и, следовательно, несколько лет назад в Дансинке была проведена серия наблюдений. В то время я был слишком занят другой работой, чтобы посвящать много труда исследованию, которое, в конце концов, могло оказаться лишь иллюзорным. Я просто произвел достаточное количество микрометрических измерений, чтобы проверить, существует ли *большой* параллакс. Уже указывалось, что каждая звезда, по-видимому, описывает крошечный параллактический эллипс вследствие годового движения Земли, и путем измерения этого эллипса можно определить параллакс — и, следовательно, расстояние — до звезды. В обычных обстоятельствах, когда исследуется параллакс звезды, необходимо измерять положение звезды на ее эллипсе во многих различных случаях, распределенных в течение периода, по крайней мере, целого года. Принятый нами метод был гораздо менее трудоемким. Это было достаточно точно, чтобы проверить, имел ли Новый Лебедь *большой* параллакс, хотя, возможно, он был недостаточно чувствительным, чтобы выявить небольшой параллакс. В определенный день, который можно легко вычислить, звезда находится на одном конце параллактического эллипса, а через шесть месяцев звезда оказывается на другом конце. Выбирая подходящее время в году для наших наблюдений, мы можем измерить звезду в тех двух положениях, когда она наиболее искажена параллаксом. Именно с помощью наблюдений такого рода я стремился обнаружить параллакс Новой Звезды Лебеда. Его расстояние от соседней звезды было тщательно измерено микрометром в те два сезона, когда, если бы параллакс существовал, эти расстояния должны были бы демонстрировать наибольшее расхождение; но никакой определенной разницы между этими расстояниями обнаружить не удалось. Таким образом, наблюдения не смогли выявить существование параллактического эллипса - или, другими словами, расстояние до Новой Звезды Лебеда было слишком велико, чтобы его можно было измерить с помощью наблюдений такого рода.

Несомненно, что если бы Новая Звезда Лебеда была одной из ближайших звезд, эти наблюдения не были бы безуспешными. Следовательно, мы имеем право полагать, что Новая Звезда Лебеда должна находиться по меньшей мере в 20 000 000 000 000 милях от солнечной системы; и предположение о том, что яркая вспышка была небольших размеров, должно, по-видимому, быть отброшено. Внутренняя яркость Новой Звезды Лебеда, когда она была наилучшей, не могла быть значительно, если вообще была, ниже яркости самого нашего солнца. Если бы солнце удалилось от нас на расстояние Новой звезды Лебеда, оно, по-видимому, превратилось бы в объект, не более яркий, чем переменная звезда. Поэтому то, как блеск такого колоссального объекта так быстро угас, остается загадкой, которую нелегко объяснить. Разве мы не говорили, что яркая вспышка этой звезды произошла между 20 и 24 ноября 1876 года? Правильнее было бы сказать, что известия об этой вспышке достигли нашей системы в упомянутое время. Настоящая вспышка должна была произойти по крайней мере тремя годами ранее. Действительно, в то время, когда звезда вызвала такой переполох в здешнем астрономическом мире, она уже снова стала незначительной.

В связи с предметом настоящей главы мы должны рассмотреть важную проблему, предложенную сэром Уильямом Гершелем. Он увидел, что звезды приводятся в движение надлежащим движением; он увидел также, что солнце - это звезда, одна из бесчисленного воинства небесного, и поэтому он был вынужден поставить колоссальный вопрос о том, находится ли солнце, подобно другим звездам, равным ему, также в движении. Рассмотрим

все, что связано с этим великим вопросом. Вокруг солнца есть свита планет и сопутствующих им спутников, комет, а также множество тел меньшего размера. Вопрос в том, вращается ли вся эта великолепная система вокруг Солнца, *находящегося в состоянии покоя* посередине, или же вся система — солнце, планеты и все остальное — не движется в пространстве целиком.

Гершель был первым, кто решил эту благородную проблему; он обнаружил, что наше солнце и великолепная свита, которая его сопровождает, движутся в пространстве. Он не только обнаружил это, но и установил направление, в котором двигалась система, а также приблизительную скорость, с которой это движение, вероятно, совершалось. Было показано, что солнце и его система сейчас спешат к точке на небе, расположенной недалеко от созвездия Лиры. Скорость, с которой совершается движение, соответствует размаху системы; быстрее, чем самая быстрая винтовочная пуля, которая когда-либо была выпущена, солнце, несущее с собой землю и все другие планеты, сейчас несется вперед. Мы, жители Земли, участвуем в этом движении. Каждые полчаса мы оказываемся примерно на десять тысяч миль ближе к созвездию Лиры, чем были бы, если бы солнечная система не была оживлена этим движением. Поскольку мы с такой огромной скоростью приближаемся к Лире, поначалу можно было бы предположить, что мы скоро доберемся туда; но расстояния до звезд в этой окрестности кажутся не меньшими, чем до звезд в других местах, и мы можем быть уверены, что солнце и его система должны двигаться с нынешней скоростью гораздо больше миллиона лет, прежде чем мы пересечем пропасть между нашим нынешним положением и границами Лиры. Следует, однако, признать, что наша оценка фактической *скорости*, с которой движется наша солнечная система, чрезвычайно неопределенна, но это ни в малейшей степени не влияет на тот факт, что мы движемся в направлении, впервые приблизительно указанном Гершелем (см. [Главу XXIII](#)).

Остается объяснить метод рассуждений, принятый Гершелем, с помощью которого он смог сделать это великое открытие. Может показаться странным слышать, что обнаружение движения солнца не было сделано путем наблюдения за солнцем; все наблюдения самого светила с помощью всех телескопов в мире никогда не сказали бы нам об этом движении, по той простой причине, что земля, с которой должны проводиться наши наблюдения, участвует в нем. Пассажир в каюте корабля обычно осознает, что корабль движется из-за волнения моря; но если море совершенно спокойно, тогда, хотя столы и стулья в каюте движутся так же быстро, как корабль, все же мы не видим их движения, потому что мы тоже путешествуем вместе с кораблем. Если бы мы не могли выйти из каюты или посмотреть в иллюминаторы, мы бы никогда не узнали, движется ли корабль или находится в состоянии покоя; мы также не могли бы иметь никакого представления о направлении, в котором двигался корабль, или о скорости, с которой совершалось это движение.

Солнце с сопутствующим ему сонмом планет и спутников можно сравнить с кораблем. Планеты могут вращаться вокруг солнца точно так же, как пассажиры могут перемещаться по салону, но как пассажиры, глядя на предметы на борту, никогда не смогут сказать, куда направляется корабль, так и мы, просто глядя на солнце или на другие планеты или члены солнечной системы, никогда не сможем сказать, находится ли в движении наша система в целом.

Условия совершенно равномерного движения по совершенно спокойному морю не часто выполняются на водах, с которыми мы знакомы, но движение солнца и его системы не нарушается никакими возмущениями, так что величественное продвижение осуществляется с абсолютной равномерностью. Мы не чувствуем движения; а поскольку все планеты

движутся вместе с нами, мы не можем получить от них никакой информации относительно общего движения, которым приводится в движение вся система.

Однако пассажиры сразу же получают информацию о движении судна, когда выходят на палубу и смотрят на окружающее их море. Предположим, что их путешествие почти завершено, что вдали показалась земля и с приближением вечера видна гавань, в которую должен войти корабль. Предположим, что гавань имеет, как это часто бывает, узкий вход и что ее устье обозначено маяками с каждой стороны. Когда гавань еще далеко, у самого горизонта, два огонька видны близко друг к другу, и теперь, когда наступил вечер и ночь стала совсем темной, эти два огонька - все, что остается видимым. Пока корабль находится еще в нескольких милях от места назначения, два огня кажутся близко расположенными друг к другу, но по мере уменьшения расстояния два огня, кажется, раскрываются; постепенно корабль приближается, в то время как огни все еще открываются, пока, наконец, когда корабль входит в гавань, вместо двух огней, находящихся прямо впереди, как в начале, один из огней проплывает справа, в то время как другой точно так же находится слева. Таким образом, если мы хотим открыть движение солнечной системы, мы должны, подобно пассажиру, смотреть на объекты, не связанные с нашей системой, и узнавать наше собственное движение по их видимым движениям. Но есть ли на небесах какие-либо объекты, не связанные с нашей системой? Если бы все звезды были подобны земле, просто придатками нашего солнца, тогда мы никогда не смогли бы определить, находимся ли мы в состоянии покоя или находимся в движении: наша система могла бы находиться в состоянии абсолютного покоя, или же она могла бы мчаться вперед с непостижимо большой скоростью, во всяком случае, мы могли бы утверждать обратное. Но звезды не принадлежат к системе нашего солнца; скорее, они сами являются солнцами и не признают влияния нашего солнца, как вынуждена делать эта земля. Таким образом, звезды будут действовать как внешние объекты, с помощью которых мы сможем проверить, путешествует ли наша система в космосе.

Имея звезды в качестве наших маяков, чего нам следует ожидать, если наша система действительно находится в движении? Помните, что когда корабль приближался к гавани, огни постепенно появлялись справа и слева. Но у астронома есть также огни, с помощью которых он может наблюдать за навигацией этого огромного корабля, нашей солнечной системы, и эти огни будут указывать путь, по которому его несет. Если бы наша солнечная система находилась в движении, мы должны были бы ожидать, что звезды постепенно удалялись от той точки на небе, к которой стремится наше движение. Это именно то, что мы действительно находим. Звезды в созвездиях постепенно удаляются от центральной точки вблизи созвездия Лиры, и отсюда мы делаем вывод, что движение солнечной системы направлено именно к Лире.

В обсуждении этого вопроса есть одна большая трудность. Разве у нас не было возможности наблюдать, что сами звезды находятся в действительном движении? Кажется несомненным, что каждая звезда, включая само солнце как звезду, имеет свое собственное индивидуальное движение. Движения звезд, какими мы их видим, частично кажущиеся, а также частично реальные; они частично возникают из действительного движения каждой звезды, а частично из движения солнца, в котором мы участвуем и которое производит видимое движение звезды. Как их различать? Наши телескопы и наблюдения никогда не смогут повлиять на это разложение напрямую. Чтобы выполнить анализ, Гершель прибегнул к определенным геометрическим методам. Его материалы в то время были весьма скудны, но в его руках они оказались достаточными, и он смело объявил о своем открытии движения солнечной системы.

Столь поразительное заявление потребовало самой суровой проверки, какую только могли предложить самые изысканные астрономические источники. Существует определенный мощный и тонкий метод, который астрономы используют в попытке интерпретировать природу. Епископ Батлер сказал, что вероятность - это руководство к жизни. Правильное движение звезды должно быть разделено на две части, одну реальную, а другую кажущуюся. Когда берется несколько звезд, мы можем представить себе бесконечное количество способов, по которым движение каждой звезды может быть разложено таким образом. Каждое из этих возможных делений будет иметь определенный элемент вероятности в свою пользу. Задача математика - определить величину этой вероятности. В таком случае дело обстоит следующим образом: — Среди всех различных систем одна должна быть истинной. Мы не можем с уверенностью указать на истинный вариант, но мы можем выбрать тот, который имеет наивысшую степень вероятности в его пользу, и таким образом следовать предписанию Батлера, на которое мы уже ссылались. Математик описал бы свой процесс, назвав его методом наименьших квадратов. Со времени открытия Гершеля сто лет назад многие астрономы, используя наблюдения сотен звезд, сталкивались с одной и той же проблемой. Математики исчерпали все возможности теории вероятностей, но только для того, чтобы подтвердить истинность этой великолепной теории, которая, по-видимому, была одной из вспышек гения Гершеля.

ГЛАВА XXII.

ЗВЕЗДНЫЕ СКОПЛЕНИЯ И ТУМАННОСТИ.

Интересные звездные объекты—Звезды рассеяны неравномерно—Звездные скопления—Их разновидности—Скопление в Персее—Шаровое скопление в Геркулесе—Млечный Путь—Скопление мельчайших звезд—Магеллановы облака—Туманности, отличные от облаков—Количество известных туманностей—Созвездие Ориона—Положение Большой туманности—Чудесная звезда θ Орионис—Рисунок Большой туманности в телескопе Лорда Росса—Фотографии этого замечательного объекта—Большая туманность в Андромеде—Кольцевая туманность в Лире—Сходство к Вихревым кольцам—Планетарные туманности—Рисунки нескольких замечательных туманностей—Природа туманностей—Спектры туманностей—Их распределение; Млечный Путь.

Мы уже упоминали Сатурн как одно из самых великолепных телескопических зрелищ на небесах. Оставляя в стороне очевидные притязания солнца и Луны, есть, возможно, два других объекта, видимых с этих широт, которые соперничают с Сатурном по великолепию и интересности изображения в телескоп. Один из этих объектов - звездное скопление в Геркулесе; другой - большая туманность в Орионе. Мы рассматриваем эти объекты как типичные для двух больших классов тел, которые будут обсуждаться в этой главе под заголовком "Звездные скопления" и "Туманности".

Звезды, которых на небе насчитывается несколько миллионов, разбросаны неравномерно. Мы можем видеть, что в то время как некоторые регионы сравнительно бесплодны, другие содержат звезды в изобилии. Иногда у нас есть небольшая группа, как Плеяды; иногда у нас есть огромная область неба, усыпанная звездами, как в Млечном Пути. Такие объекты называются звездными скоплениями. Мы находим в скоплениях все разнообразие; иногда звезды замечательны своей яркостью, иногда своим огромным количеством, а иногда замечательной формой, в которой они сгруппированы. Иногда звездное скопление

украшено ярко окрашенными звездами; иногда светящиеся точки расположены так близко друг к другу, что невозможно различить их отдельные лучи; иногда звезды настолько малы или так далеки, что скопление едва отличимо от туманности.

Из скоплений, замечательных одновременно и богатством, и блеском отдельных звезд, мы можем упомянуть скопление на рукояти Меча Персея. Положение этого объекта отмечено на [рис. 83](#), стр. 415. Невооруженным глазом видно туманное пятно, которое в телескоп расширяется на два скопления, разделенных небольшим расстоянием. В каждом из них мы видим бесчисленное множество звезд, сгрудившихся вместе так, что они заполняют поле зрения телескопа. Великолепие этого объекта можно оценить, если вспомнить, что каждая из этих звезд сама по себе является ярким солнцем, возможно, соперничающим по блеску с нашим собственным солнцем. Однако на небесах вблизи Южного Креста есть области, конечно, невидимые с северных широт, в которых части Млечного Пути выглядят богаче, чем скопление в созвездии Персея.

Наиболее яркий тип звездного скопления хорошо виден в созвездии Геркулеса. В этом случае мы имеем группу мельчайших звезд, по-видимому, примерно шаровидной формы. На [рис. 96](#) этот объект представлен таким, каким он виден в большой телескоп Лорда Росса, и на нем показаны три расходящиеся полосы, в которых звезд кажется меньше, чем в других местах. Предполагается, что это скопление должно содержать от 1000 до 2000 звезд, все они сосредоточены в чрезвычайно маленькой части неба. Если смотреть в очень маленький телескоп, этот объект напоминает туманность. Положение скопления в Геркулесе показано на приведенной ранее диаграмме ([рис. 88](#), стр. 420). Мы уже упоминали об этом великолепном скоплении звезд как об одном из трех особенно интересных объектов на небесах.



ТАРЕЛКА D.

МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ ВБЛИЗИ МЕССЬЕ II.

Фотография сделана Э.Э. Барнардом 29 июня 1892 года.

Млечный Путь образует пояс, который с большей или меньшей регулярностью полностью огибает небеса; и если смотреть в телескоп, видно, что он состоит из мириадов мельчайших звезд. В некоторых местах звезд гораздо больше, чем в других местах. Все эти звезды несравненно дальше, чем солнце, которое они окружают, поэтому очевидно, что наше солнце и, конечно же, сопутствующая ему система на самом деле находятся внутри Млечного Пути. Кажется заманчивым развить предложенную здесь мысль и поразмыслить о том, что весь Млечный Путь, в конце концов, может быть просто звездным скоплением, сравнимым по размеру с некоторыми другими звездными скоплениями, которые мы видим, и что, если смотреть с удаленной точки космоса, Млечный Путь покажется всего лишь одним из многих звездных скоплений, содержащих наше солнце как неразличимую единицу.



Рис. 96.

Шаровое скопление в Геркулесе.

В южном полушарии есть две огромные массы, которые хорошо видны невооруженным глазом и напоминают отдельные участки Млечного Пути. Они не могут быть видны наблюдателям на нашей широте и известны как магеллановы облака или две нубекулы. Их структура, открываемая наблюдателю с помощью мощного телескопа, очень сложна. Сэр Джон Гершель, который специально изучал эти замечательные объекты, дает следующее их описание: " Общая основа обоих состоит из больших участков и пятен туманности на всех стадиях рассеяния, от неразличимых для света в отражателе с апертурой восемнадцать дюймов, до совершенно отдельных звезд, таких как Млечный Путь, и групп скоплений, достаточно изолированных и уплотненных, чтобы подпадать под обозначение неправильных и в некоторых случаях довольно плотных скоплений. Но кроме них, есть также в изобилии туманности и шаровые скопления в любом состоянии уплотнения ". Едва ли можно сомневаться в том, что две нубекулы, которые, грубо говоря, круглые или, скорее, овальные, образованы не случайно огромным количеством очень разных объектов, расположенных на разных расстояниях вдоль одной и той же линии обзора, но что они действительно представляют собой две большие системы объектов, сильно отличающихся по строению, которые здесь собраны по соседству друг с другом, тогда как обычно они не сосуществуют близко друг к другу в Млечном Пути, с которым простой вид невооруженным глазом в противном случае заставил бы нас ассоциировать магеллановы облака.

Когда мы направляем хороший телескоп на небеса, мы время от времени встречаемся с одним из замечательных небесных объектов, которые известны как туманности. Это слабые облачные пятна или пятна света на черном фоне неба. Почти все они невидимы невооруженным глазом. Эти небесные объекты ни на минуту не следует путать с облаками в

обычном значении этого слова. Последние существуют только подвешенными в атмосфере, в то время как туманности погружены в глубины космоса. Облака сияют солнечным светом, который они отражают для нас; туманности сияют не заимствованным светом; они самосветящиеся. Облака меняются от часа к часу; туманности не меняются даже из года в год. Облака намного меньше Земли; в то время как самая маленькая известная нам туманность несравненно больше Солнца. Облака находятся в пределах нескольких миль от земли; туманности почти невообразимо далеки.

Сразу же после того, как Гершель и его сестра поселились в Слау, он начал систематический обзор северного неба. Для наблюдений такого рода важно, чтобы на небе не было облаков, в то время как даже света луны достаточно, чтобы скрыть более слабые и интересные объекты. Эта работа должна была быть выполнена долгими и погожими зимними ночами, когда ярко сияли звезды и по небу простиралась бледная дорожка Млечного Пути. Телескоп направлен на небеса, и обычное суточное движение, при котором кажется, что солнце и звезды восходят и заходят, переносит звезды через поле зрения в величественную панораму. Звезды медленно входят в поле зрения, медленно перемещаются по нему и медленно покидают его, чтобы снова быть замененными другими. Таким образом, наблюдатель, просто оставаясь пассивным у окуляра, видит, как одно поле за другим проходят перед ним, и получает возможность изучить их содержимое. Из этого следует, что даже без перемещения телескопа в поле зрения оказывается длинная узкая полоса неба, и, слегка перемещая телескоп вверх и вниз, ширину этой полосы можно соответствующим образом увеличить. На другую ночь телескоп переводят в другое положение и исследуют другую полосу неба, так что со временем можно будет тщательно изучить все небо.

Гершель стоит у иллюминатора, наблюдая за великолепной процессией небесных объектов. Неподалеку его сестра Кэролайн сидит за своим столом с ручкой в руке и записывает замечания, слетающие с губ ее брата. Перед ней хронометр, с помощью которого она может засекать время, и приспособление, указывающее высоту телескопа, так что она может зафиксировать точное положение объекта в соответствии с описанием, которое продиктовал ее брат. Таков был великолепный план, который эти брат и сестра задумали осуществить как предмет своей пожизненной преданности. Открытия, которые Гершелю было суждено совершить, исчислялись не десятками и не сотнями, а тысячами. Отчеты об этих открытиях можно найти в "Философских трудах Королевского общества", и они являются одним из богатейших сокровищ этих томов. Сэру Джону Гершелю, единственному сыну сэра Уильяма, было поручено завершить труд своего отца, повторив обзор северного неба и распространив его на южное полушарие. С этой целью он предпринял путешествие к мысу Доброй Надежды и прожил там годы, необходимые для завершения великой работы.

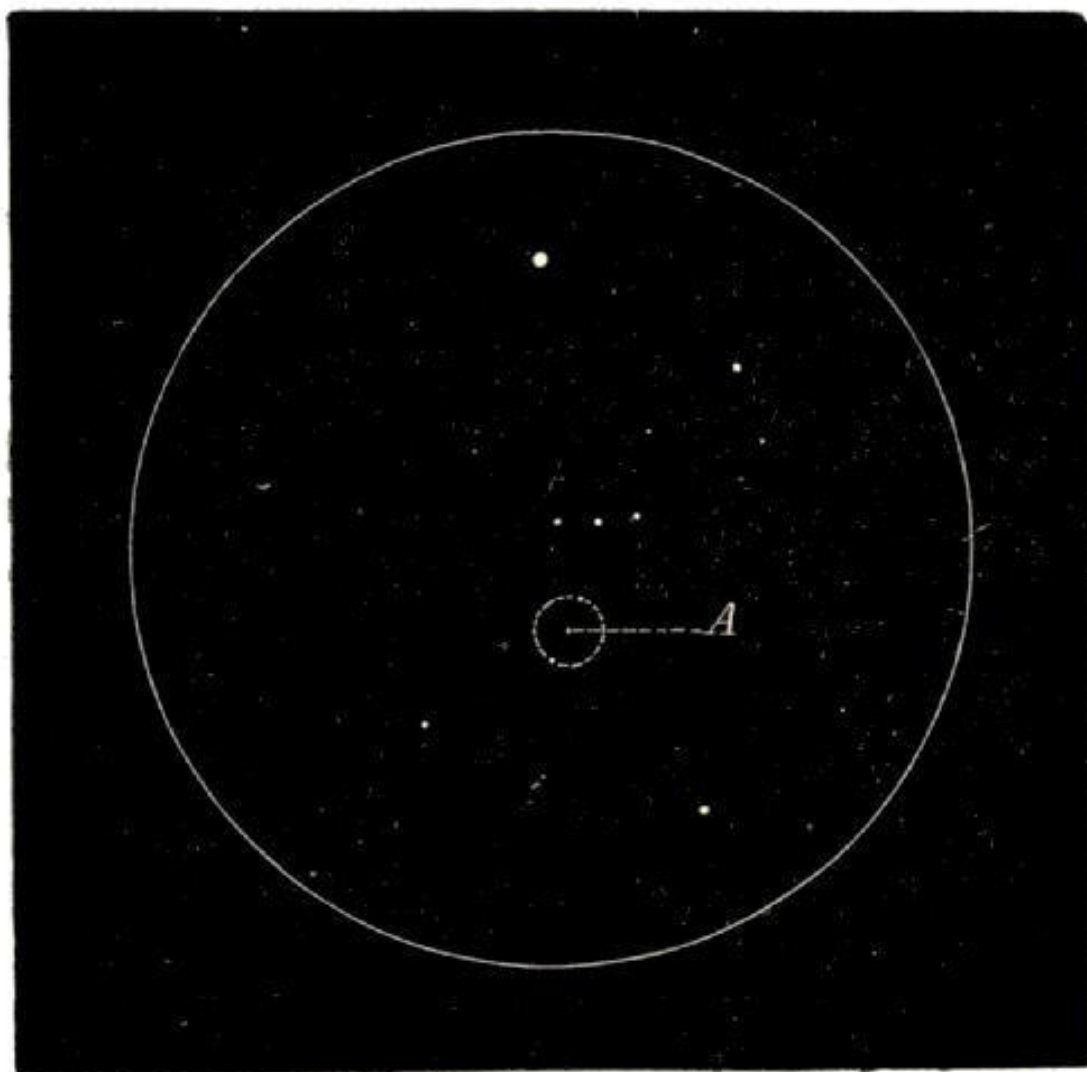


Рис. 97.—

Созвездие Ориона, показывающее положение Большой туманности.

В результате гигантских трудов, начатых таким образом и продолженных другими наблюдателями, нам теперь известно около восьми тысяч туманностей, и с каждым усовершенствованием телескопа в этот список вносятся новые дополнения. Они отличаются друг от друга, как могут отличаться восемь тысяч случайно выбранных на морском пляже камешков, а именно по форме, размеру, цвету и материалу, но все же, подобно гальке, имеют определенное общее сходство друг с другом. Подробное описание этого класса тел вышло бы за рамки данной главы; мы просто выберем несколько туманностей, естественно, выбрав те, которые обладают наиболее примечательными свойствами, а также те, которые являются представителями различных групп, на которые туманности могут быть разделены.



ФОТО XIV.

БОЛЬШАЯ ТУМАННОСТЬ ОРИОНА.

Мы уже говорили, что большая туманность в созвездии Ориона является одним из самых интересных объектов на небесах. Она одинаково примечательна, независимо от того, рассматриваем ли мы ее размеры или ее блеск, тщательность, с которой она была изучена, или успех, сопутствовавший попыткам узнать что-либо о ее характере. Чтобы найти этот объект, мы обратимся к рисунку 97 с изображением главных звезд в этом созвездии, где буква А указывает на среднюю из трех звезд, образующих рукоять меча Ориона. Над рукояткой будут видны три звезды, образующие хорошо известный пояс, столь заметный на зимнем небе. Звезда А, при внимательном рассмотрении невооруженным глазом, имеет несколько туманный вид. В 1618 году Cysat направил телескоп на эту звезду и увидел вокруг нее любопытную светящуюся дымку, которая оказалась большой туманностью. С тех пор этот объект прилежно изучался многими астрономами, так что было сделано очень много наблюдений за огромной туманностью, и даже были написаны целые тома, в которых ни о чем другом не говорится. Любой обычный телескоп в какой-то степени покажет объект, но чем мощнее телескоп, тем больше раскрывается любопытных деталей.

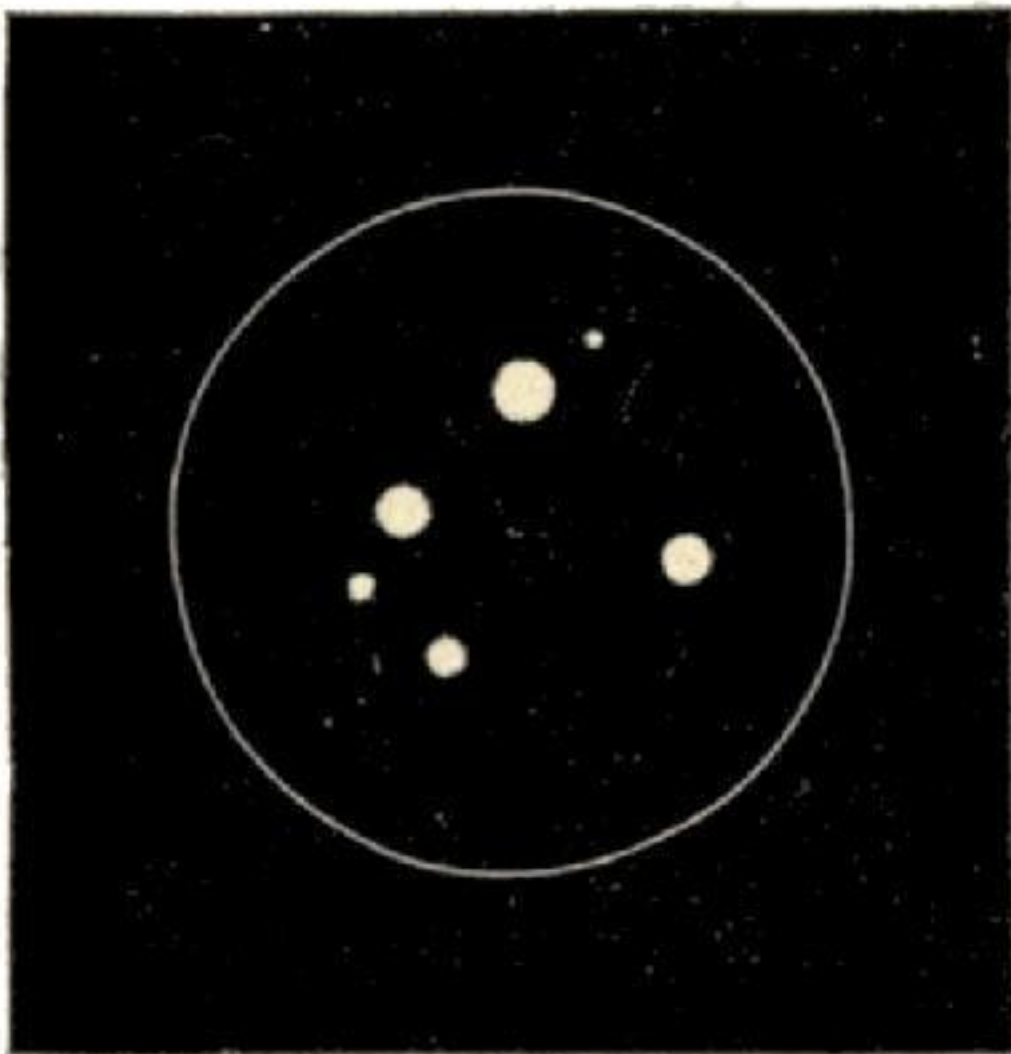


Рис. 98. Кратная

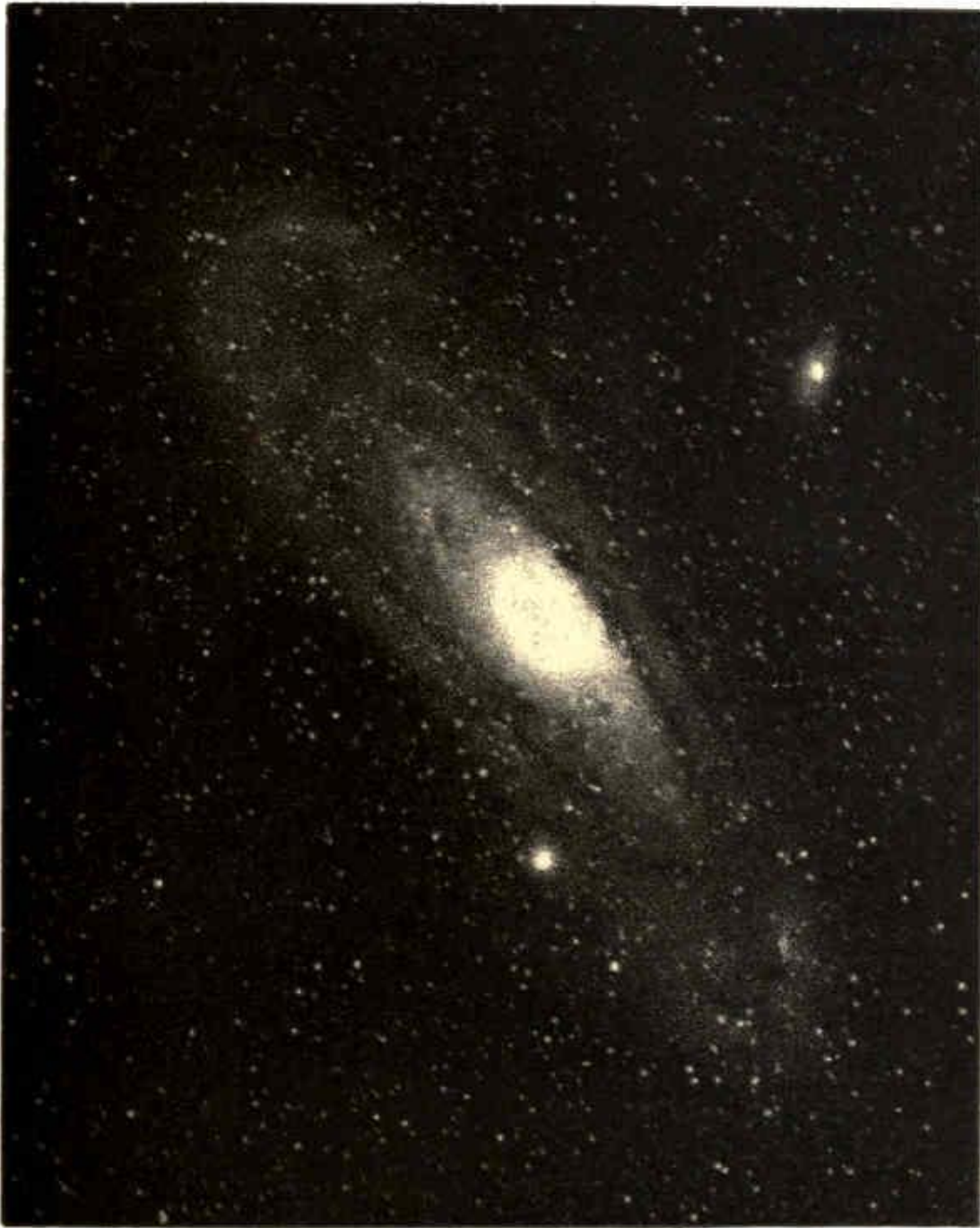
звезда (θ Орионис) в Большой туманности Ориона.

Во-первых, объект, который мы обозначили буквой А (θ Орионис, также называемый трапецией Ориона), сам по себе является самой яркой кратной звездой во всем небе. На самом деле она состоит из шести звезд, представленных на следующей диаграмме (рис. 98). Эти точки расположены так близко друг к другу, что их смешанные лучи невозможно различить без телескопа. Однако четыре из них легко видны в довольно маленькие приборы, но для двух звезд меньшего размера требуются телескопы значительной мощности. И все же эти звезды являются солнцами, возможно, сравнимыми по величине с нашим солнцем.

Весьма примечательно, что эта непревзойденная группа из шести солнц окружена знаменитой туманностью; туманность или кратная звезда сами по себе представляли бы исключительный интерес, а здесь мы имеем сочетание того и другого. Кажется, невозможно удержаться от вывода, что кратная звезда действительно находится в туманности, а не просто на одной линии обзора. Действительно, казалось бы, со всей вероятностью противоречащим предположению, что представление этих двух исключительных объектов в одном и том же поле зрения было просто случайным. Если кратная звезда действительно находится в туманности, то этот объект является доказательством того, что во всяком случае в одном случае расстояние до туманности является величиной той же величины, что и расстояние до звезды. К сожалению, это почти все, что нам известно о расстояниях туманностей от земли.

Огромная туманность Ориона окружает кратную звезду и простирается на огромное расстояние в соседнее пространство. Пунктирный круг, нарисованный вокруг звезды, отмеченной буквой А на рис. 97, приблизительно соответствует размерам туманности, видимой в умеренно хороший телескоп. Туманность имеет слабый голубоватый цвет, который невозможно изобразить на рисунке. В некоторых местах его яркость намного больше, чем в других; центральные части, вообще говоря, наиболее яркие, и свечение постепенно угасает по мере приближения к краю туманности. На самом деле, мы вряд ли можем сказать, что туманность имеет какие-либо определенные границы, поскольку с каждым увеличением мощности телескопа можно увидеть новые слабые ответвления. Кажется, что в туманности, непосредственно окружающей кратную звезду, есть пустое пространство, но это всего лишь иллюзия, создаваемая контрастом яркого света звезд, поскольку спектроскопическое исследование туманности показывает, что туманная материя между звездами сплошная.

Изображение большой туманности Ориона, которое показано здесь (*фото XIV.*), представляет в уменьшенном виде тщательно проработанный рисунок этого объекта, сделанный с помощью большого телескопа-рефлектора графа Росса в Парсонстауне. [40] Вид туманности в телескоп показывает двести или более звезд, разбросанных по ее поверхности. Нет необходимости предполагать, что эти звезды погружены в вещество туманности, как кажется кратной звезде; они могут находиться либо перед ней, либо, что менее вероятно, за ней, так что проецируются на одну и ту же часть неба.



СНИМОК XV.

ФОТОГРАФИЯ ТУМАННОСТИ 31 М АНДРОМЕДЫ

ЭКСПОЗИЦИЯ 4 ЧАСА, УВЕЛИЧЕНА В 3 РАЗА.

СНИМОК СДЕЛАН мистером АЙЗЕКОМ РОБЕРТСОМ 29 декабря 1882 года.

Значительное количество рисунков этого уникального объекта было сделано другими астрономами. Среди них мы должны упомянуть ту, что была выполнена профессором Бондом в Кембридже, штат Массачусетс, и которая отличается точностью в деталях, что обязан признать каждый изучающий этот предмет. В последние годы также предпринимались успешные попытки сфотографировать большую туманность. Покойному профессору Дрейперу посчастливилось получить несколько замечательных фотографий. В Англии м-р Коммон был первым, кто сделал самые превосходные фотографии туманности, и превосходные фотографии того же объекта были также получены доктором Робертсом и м-

ром У.Э. Уилсоном, которые показывают обширное распространение туманности на области, которые ранее не было известно, что она занимает.

Большая туманность в Андромеде, слабо видимая невооруженным глазом, показана на рисунке XV, который был скопирован с разрешения с одной из удивительных фотографий, полученных доктором Исааком Робертсом. Нельзя не заметить два темных канала в туманности, и количество тусклых звезд, разбросанных по ее поверхности, также является точкой, на которую можно обратить внимание. Чтобы найти этот объект, мы должны обратить внимание на Кассиопею и Большой квадрат Пегаса, и тогда туманность будет легко видна в положении, показанном на стр. 413. В 1885 году новая звезда седьмой величины внезапно появилась недалеко от самой яркой части туманности и по прошествии нескольких месяцев снова стала невидимой.

Туманность Лиры - самая заметная кольцевая туманность на небесах, но не следует предполагать, что она единственная из этого класса. Всего существует около дюжины таких объектов. Кажется трудным сформировать какое-либо адекватное представление о природе такого тела. Однако невозможно рассматривать кольцевые туманности, во всяком случае, без напоминания об этих элегантных объектах, известных как вихревые кольца. Кто не замечал изящного кольца пара, которое время от времени вырывается из трубы локомотива и поднимается высоко в воздух, растворяясь только через некоторое время после того, как исчезнет не столь специализированный пар? Такие вихревые кольца могут быть созданы искусственно с помощью кубической коробки, одна открытая сторона которой покрыта холстом, в то время как на противоположной стороне коробки имеется круглое отверстие. При постукивании по холсту из отверстия образуется вихревое кольцо; и если коробка наполнится дымом, это кольцо будет видно на протяжении многих футов его пути. Конечно, было бы преувеличением утверждать, что кольцевые туманности имеют какую-либо реальную аналогию с вихревыми кольцами; но, во всяком случае, нам не известен никакой другой объект, с которым их можно было бы сравнить.

Небеса содержат ряд мельчайших, но ярких объектов, известных как планетарные туманности. Их можно описать только как шары из светящегося голубоватого газа, часто достаточно маленькие, чтобы их можно было принять за звезду, если смотреть в телескоп. Один из самых примечательных из этих объектов находится в созвездии Дракона и может быть найден на полпути между Полярной звездой и звездой γ Дракона. Некоторые из недавно открытых планетарных туманностей чрезвычайно малы, и их действительно можно было отличить от маленьких звезд только с помощью спектроскопа. Следует также отметить, что такие объекты находятся немного не в фокусе звезды в телескопе-рефракторе из-за их синего цвета. Это замечание не относится к телескопу-отражателю, поскольку этот прибор направляет все лучи в общий фокус.

Существует много других форм туманностей: есть длинные туманные лучи; есть чудесные спирали, которые были показаны в большом отражателе лорда Росса; есть двойные туманности. Но все эти различные объекты мы должны просто отбросить при этом мимолетном упоминании. Существует большая трудность в создании графических изображений таких туманностей. Большинство из них очень слабые — настолько, что их можно разглядеть только при пристальном внимании даже в мощные инструменты. Таким образом, при создании рисунков этих объектов невозможно избежать усиления более слабых черт, если мы хотим получить понятное изображение. Однако с этой осторожностью мы представляем [снимок XVI.](#), на котором изображены несколько наиболее примечательных туманностей, видимых в большой телескоп лорда Росса.



Рис. 99.—

Туманность N.G.C., 1499 г.

(Э.Э. Барнард, обсерватория Лик, 21 сентября 1895 г.)

Действительная природа туманностей представляет собой проблему, представляющую величайший интерес, которая, естественно, много лет занимала ум первого усердного наблюдателя туманностей Уильяма Гершеля. Сначала он предположил, что все туманности представляют собой не что иное, как плотные скопления звезд — очень естественный вывод для того, кто так сильно усовершенствовал оптическую мощь телескопов, и привык видеть,

как многие объекты, которые в маленький телескоп выглядели туманными, "превращаются" в звезды при рассмотрении в телескоп с большой апертурой. Но в 1864 году, когда сэр Уильям Хаггинс впервые направил телескоп, вооруженный спектроскопом, на одну из планетарных туманностей, стало очевидно, что по крайней мере некоторые туманности на самом деле были облаками огненного тумана, а не звездными скоплениями.

В нашей следующей главе мы рассмотрим спектры неподвижных звезд, но здесь мы можем заранее отметить, что эти спектры непрерывны и обычно показывают всю длину спектра, от красного до фиолетового, как в спектре солнца, хотя и со многими важными различиями в отношении присутствия темных и ярких линий. Звездное скопление, конечно, должно давать аналогичный спектр, возникающий в результате наложения спектров отдельных звезд в скоплении. Многие туманности дают спектр такого рода; например, большая туманность Андромеды. Но из этого никоим образом не следует, что эти объекты являются всего лишь скоплениями обычных звезд, поскольку непрерывный спектр может создаваться не только веществом в жидком или твердом состоянии или газами при высоком давлении, но и газами при более низком давлении, но и при высокой температуре при определенных условиях. Следовательно, непрерывный спектр в случае туманности не обязательно указывает на то, что туманность представляет собой скопление тел, сравнимых по размеру и общему строению с нашим солнцем. Но если спектр из ярких линий задан туманностью, мы можем быть уверены, что в исследуемом объекте присутствуют газы с низким давлением. И это было именно то, что, как обнаружил сэр Уильям Хаггинс, имеет место во многих туманностях. Когда он впервые решил изучить спектры туманностей, он выбрал для наблюдения те объекты, которые известны как планетарные туманности — маленькие, круглые или слегка овальные диски, обычно без центрального уплотнения и выглядящие как нечетко очерченные планеты. Цвет их света, который часто бывает голубым с зеленоватым оттенком, примечателен, поскольку это цвет, очень редкий среди одиночных звезд. Было обнаружено, что спектр полностью отличается от спектра любой звезды и состоит всего лишь из трех или четырех ярких линий. Самая яркая расположена в голубовато-зеленой части спектра, и сначала считалось, что она идентична линии спектра азота, но последующие более точные измерения показали, что ни эта, ни вторая линия туманности не соответствуют какой-либо темной линии в солнечном спектре, и они не могут быть получены экспериментально в лаборатории, и поэтому мы не можем приписать их какому-либо известному элементу. Сразу было видно, что третья и четвертая линии идентичны двум линиям водорода, которые в солнечном спектре называются F и g.



ПЛИТА Е.

ТУМАННОСТИ В ПЛЕЯДАХ.

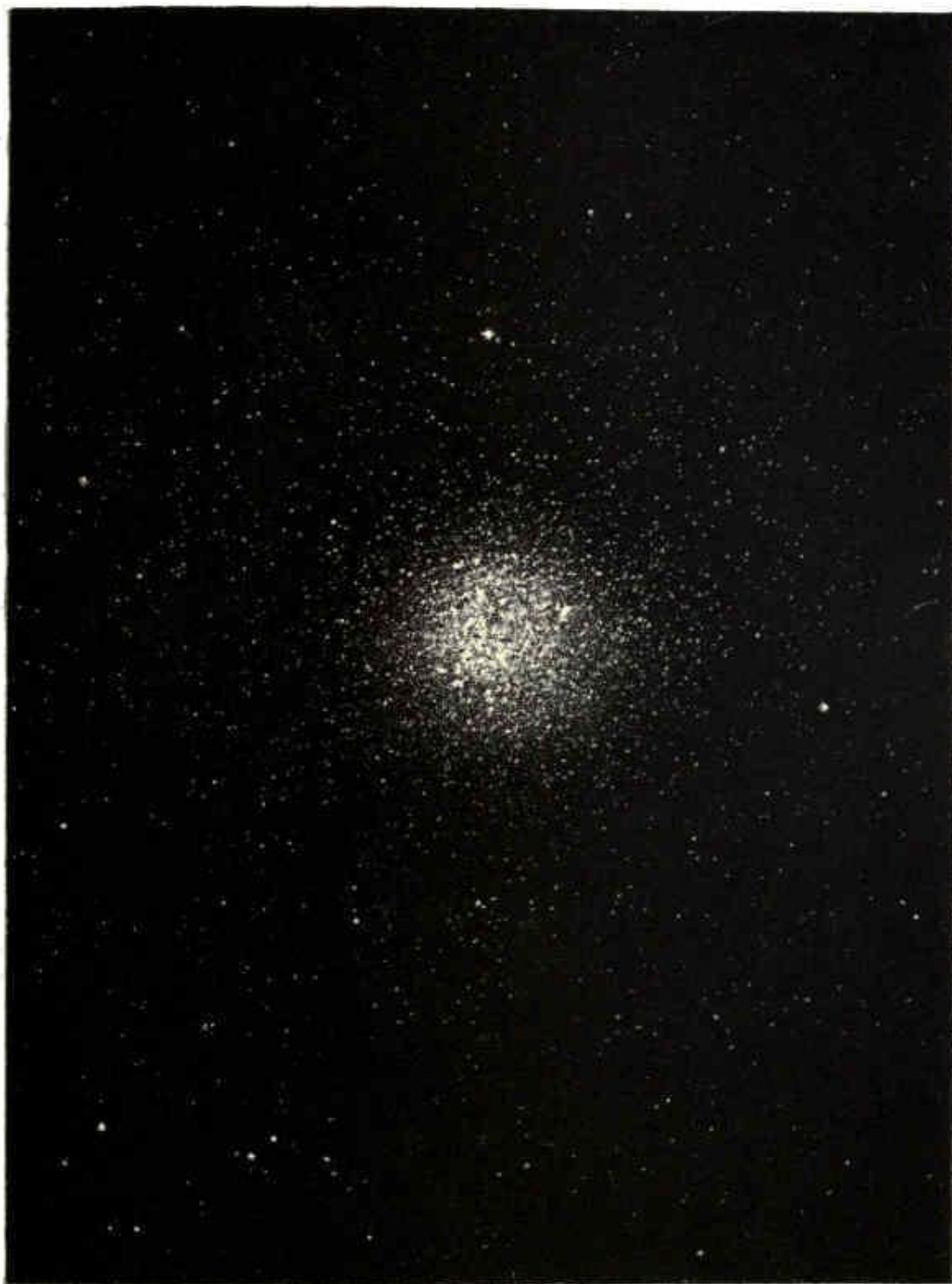
С фотографии доктора Айзека Робертса.

Анализ спектра здесь, как и во многих других случаях, оказал услуги, которые никогда не смог бы оказать ни один телескоп. Спектры туманностей после Хаггинса были изучены, как визуально, так и фотографически, Фогелем, Коуплендом, Кэмпбеллом, Килером и другими, и было обнаружено огромное количество очень слабых линий в дополнение к тем четырем, которые показывает инструмент средних размеров. Примечательно, что красная С-линия водорода, обычно такая яркая, либо отсутствует, либо чрезмерно слаба в спектрах туманностей, но эксперименты Франкленда и Локьера показали, что при определенных условиях температуры и давления сложный спектр водорода сводится к одной зеленой линии, F-линии. Поэтому неудивительно, что спектры газовых туманностей сравнительно просты, поскольку, вероятно, низкая плотность газов в них и тусклость этих тел привели бы к сокращению спектров до небольшого числа линий. Некоторые газовые туманности также демонстрируют слабые непрерывные спектры, место максимальной яркости которых находится не в желтой области (как в солнечном спектре), а примерно в зеленой. Вполне

вероятно, что эти непрерывные спектры на самом деле представляют собой совокупность очень слабых светящихся линий.

Список всех известных туманностей, имеющих газовую структуру, теперь будет содержать около восьмидесяти элементов. Помимо планетарных туманностей, к этому классу относятся многие крупные и более рассеянные туманности, и это также относится к кольцевой туманности Лиры и большой туманности Ориона. Излишне говорить, что особый интерес представляет обнаружение этого грандиозного объекта среди туманностей газообразной природы. В этой туманности Коупленд обнаружил замечательную линию гелия D_3 в то время, когда "гелий" был простым названием, гипотетическим чем-то, но теперь мы знаем, что это элемент, очень широко распространенный во Вселенной. С тех пор он был обнаружен в нескольких других туманностях. Легкость, с которой распознается характерный газовый спектр, навела на мысль исследовать небо с помощью спектроскопа, чтобы обнаружить новые планетарные туманности, и Пикеринг и Коупленд действительно обнаружили ряд объектов таким образом, а также совсем недавно Пикеринг изучил спектральные фотографии различных областей неба. Большинство этих новых объектов, если смотреть в телескоп, выглядят как обычные звезды, и их истинную природу никогда нельзя было бы обнаружить без спектроскопа.

Когда мы смотрим на звездное небо ясной ночью, на первый взгляд кажется, что звезды расположены на нем очень неравномерно. Кое-где несколько ярких звезд образуют характерные группы, такие как Орион или Большая Медведица, в то время как другие не менее крупные участки почти лишены ярких звезд и содержат лишь несколько незначительных. Если мы возьмем бинокль или другой небольшой телескоп и осмотрим им небо, результат, по-видимому, будет тем же самым — теперь мы сталкиваемся с пространствами, богатыми звездами; теперь мы встречаемся со сравнительно пустыми местами. Но когда мы приближаемся к зоне Млечного Пути, нас поражает быстрое увеличение числа звезд, заполняющих поле зрения телескопа; а когда мы достигаем самого Млечного Пути, глаз почти не в состоянии различить отдельные светящиеся точки, которые расположены так близко друг к другу, что невооруженному глазу они кажутся широкой, но очень неправильной полосой тусклого света, в которой даже мощный телескоп в некоторых местах с трудом различает звезды. Как мы можем объяснить это замечательное расположение звезд? В чем причина того, что мы видим так мало объектов в частях неба, наиболее удаленных от Млечного Пути, и так много в этом чудесном поясе или вблизи него? Первая попытка дать ответ на эти вопросы была предпринята Томасом Райтом, лондонским приборостроителем, в книге, опубликованной в 1750 году. Он предположил, что звезды нашей звездной системы распределены обширным слоем незначительной толщины по сравнению с ее длиной и шириной. Если бы у нас был большой точильный камень, сделанный из стекла, в котором равномерно поместилось огромное количество песчинок или подобных мельчайших частиц, и если бы мы могли поместить наш глаз где-нибудь ближе к центру этого точильного камня, легко заметить, что мы увидели бы очень мало частиц вблизи направления оси точильного камня, но очень много, если бы мы смотрели в любую точку окружности. Таково было представление Райта о структуре Млечного Пути, и он предположил, что солнце расположено не очень далеко от центра этого звездного слоя.



ПЛИТА F.

ω ЦЕНТАВРА.

С рисунка в *Publications* обсерватории Гарвардского колледжа.

Если бы самого Млечного Пути не существовало — а у нас был бы просто факт, на котором можно было бы основываться, что количество звезд, по-видимому, быстро увеличивалось по направлению к определенному кругу (почти большому кругу), охватывающему небеса, — тогда теория диска могла бы иметь много преимуществ. Но телескопическое исследование Млечного Пути, а еще больше чудесные фотографии его сложной структуры, сделанные профессором Барнардом, нанесли смертельный удар старой теории и позволили сделать наиболее обоснованный вывод о том, что Млечный Путь на самом деле, а не только по

видимости, представляет собой могучий звездный поток, опоясывающий небеса. Мы кратко упомянем несколько фактов, которые указывают в этом направлении. Простого взгляда достаточно, чтобы показать, что Млечный Путь - это не единый пояс света; вблизи созвездия Аквилы он разделяется на две ветви с довольно большим промежутком между ними, и эти ветви не встречаются снова, пока не продвинутся далеко в южное полушарие. Теория диска должна была, чтобы объяснить это, предположить, что звездный слой был разделен надвое почти до центра. Но даже если мы согласимся с этим, как мы можем объяснить многочисленные более или менее темные дыры в Млечном Пути, самой большой и примечательной из которых является так называемый "угольный мешок" в южном полушарии? Очевидно, нам следовало бы предположить существование ряда туннелей, пробуренных в дискообразном слое, и по какой-то странной связи все они направлены к тому месту, где расположена наша солнечная система. И множество маленьких рукавов, которые тянутся от Млечного Пути, должны были бы быть либо плоскостями, видимыми по краям, либо выпуклостями изогнутых поверхностей, рассматриваемых по касательной. Невероятность этих различных предположений очень велика. Но нет недостатка в доказательствах того, что относительно яркие звезды сгруппированы вместе вдоль одной и той же зоны, где чрезмерно слабые звезды расположены так плотно. Покойный мистер Проктор нанес все звезды, которые встречаются в большом атласе северного полушария Аргеландера, числом 324 198, на единую карту, и хотя все эти звезды выше десятой звездной величины и, следовательно, превосходят по яркости то бесчисленное множество звезд, отдельные элементы которого более или менее затеряны в галактической зоне и, по гипотезе равномерного распределения, должны находиться относительно недалеко от нас, на карте отчетливо показан весь курс Млечного Пути по скоплениям этих звезд. Это в достаточной степени опровергает идею о том, что Млечный Путь - это не что иное, как дискообразный слой, видимый в проекции на небесную сферу; после этого вряд ли есть необходимость изучать фотографии профессора Барнарда и видеть, как довольно яркие и очень слабые области чередуются без какой-либо попытки установить регулярность, чтобы убедиться, что Млечный Путь, скорее всего, представляет собой поток звезд, сгруппированных вместе, поток или кольцо невероятно огромных размеров, внутри которого случайно расположена наша Солнечная система. Но следует признать, что преждевременно пытаться определить фактическую величину этого потока или относительное расстояние между различными его участками.

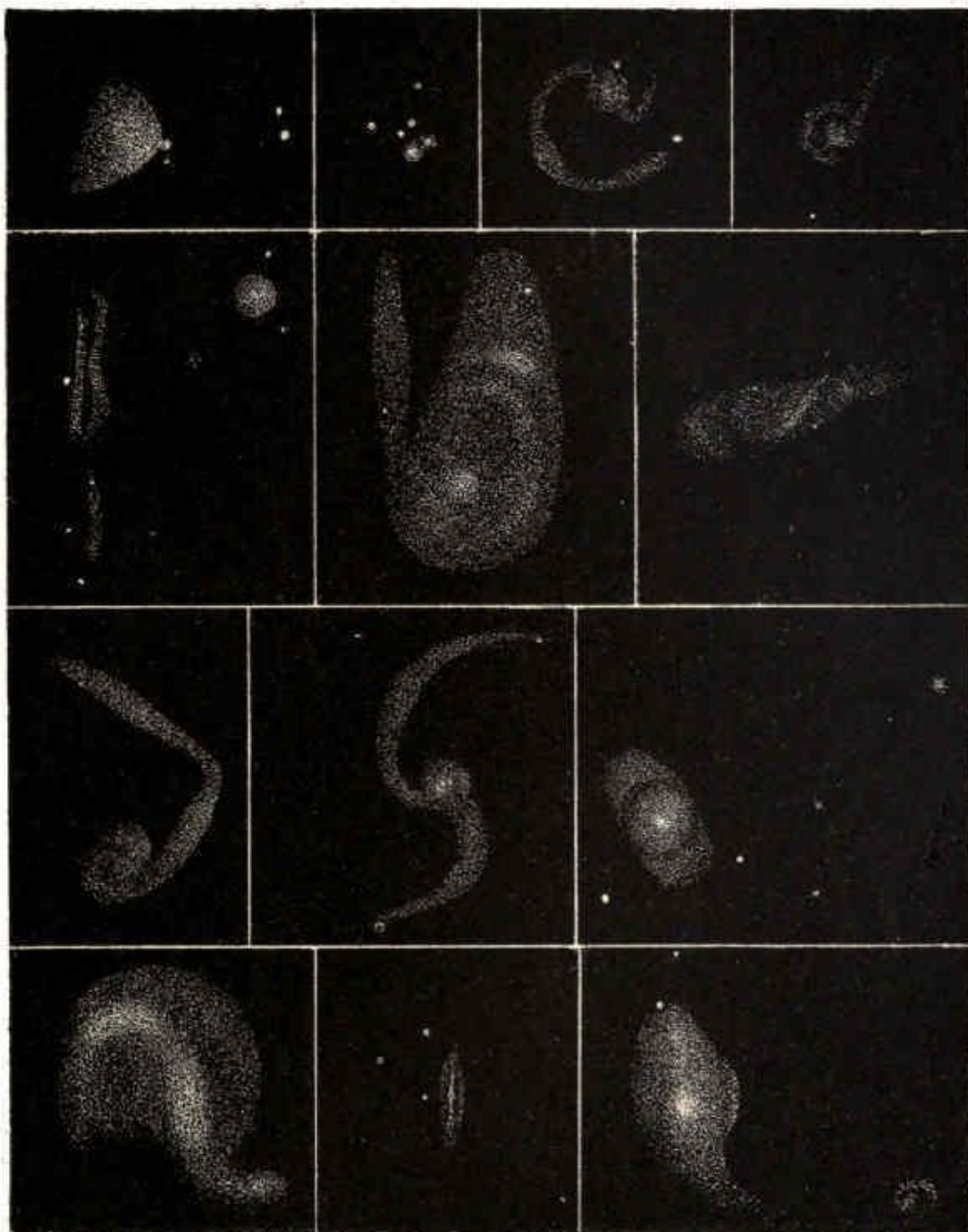


ФОТО XVI.

ТУМАННОСТИ,
НАБЛЮДАЕМЫЕ В БОЛЬШОЙ ТЕЛЕСКОП ЛОРДА РОССА.

ГЛАВА XXIII.

ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ЗВЕЗД.

Звездные спектрокопы—Классификация звездных спектров—Тип I., с очень небольшим количеством линий поглощения—Тип II., как у Солнца—Тип III., с сильно выраженными темными полосами—Распределение этих классов по Небу—Движение в пределах прямой

видимости—Орбитальное движение, обнаруженное с помощью спектроскопа: Новый класс двойных систем—Спектры временных звезд—Природа этих тел.

В предыдущих главах у нас часто была возможность сослаться на открытия спектроскопа, которые составляют важную главу в истории современной науки. С его помощью был сделан огромный шаг в нашей попытке понять физическое строение солнца. В настоящей главе мы предлагаем дать отчет о том, что спектроскоп сообщает нам о физическом строении неподвижных звезд.

Здесь открывается совершенно новый этап в астрономии. Каждое усовершенствование телескопов выявляло все более и более слабые объекты, но все телескопы в мире не могли ответить на вопрос, можно ли найти железо и другие элементы в звездах. Обычная звезда - это мощный светящийся шар, более горячий, чем конвертор Бессемера или печь Сименса; если в звезде есть железо, оно должно быть не только раскалено добела и расплавлено, но и фактически превращено в пар. Но пары железа не видны в телескоп. Как бы вы их распознали? Как бы вы узнали, если бы они смешались с парами многих других металлов или других веществ? По правде говоря, это тонкий анализ - различать железо в раскаленной атмосфере звезды. Но спектроскоп адекватен этой задаче, и он обеспечивает свой анализ количеством абсолютно убедительных данных.

То, что спектры Луны и планет практически являются не чем иным, как слабым воспроизведением спектра Солнца, было открыто великим немецким оптиком Фраунгофером примерно в 1816 году. Поместив призму перед объективным стеклом небольшого теодолита (инструмента, используемого для геодезических измерений), он смог установить, что Венера и Марс показывают тот же спектр, что и солнце, в то время как Сириус дает совсем другой. Это важное наблюдение побудило его приобрести более совершенные инструментальные средства для продолжения работы, и ему удалось выделить основные характеристики различных типов звездных спектров. Форма инструмента, которую Фраунгофер принял для этой работы, в которой призма располагалась вне предметного стекла телескопа, до последних нескольких лет широко не использовалась из-за трудности получения призм больших размеров (поскольку очевидно, что призма должна быть такой же большой, как предметное стекло, чтобы использовать всю мощность последнего), но это простейшая форма спектроскопа для наблюдения спектров объектов без заметного углового диаметра, таких как неподвижные звезды. Параллельные лучи от звезд рассеиваются призмой в спектр, и это просматривается с помощью телескопа. Но поскольку изображение звезды в телескоп представляет собой не что иное, как светящуюся точку, ее спектр будет представлять собой просто линию, в которой невозможно будет различить какие-либо пересекающие ее линии, подобные тем, которые мы видим в спектре солнца. Таким образом, цилиндрическая линза помещается перед окуляром телескопа, и поскольку это приводит к превращению точки в линию, а линии - в полосу, узкий спектр звезды, таким образом, расширяется до светящейся полосы, в которой мы можем различать любые существующие детали. В звездных спектроскопах других типов нам требуется щель, которая должна располагаться в фокусе объектива, и общее расположение аналогично тому, которое мы описали в главе о солнце, за исключением того, что требуется цилиндрическая линза.

Изучение спектров неподвижных звезд практически не продвинулось вперед, пока в 1859 году Кирхгофом не были установлены принципы спектрального анализа. Когда темные линии в солнечном спектре были должным образом интерпретированы, сразу стало очевидно, что наука широко открыла ворота новой территории для исследования человеком, о самом существовании которой до того времени вряд ли кто-либо знал. Мы видели, к каким блестящим успехам привело изучение Солнца исследователей в этой области, и мы видели,

какие очень ценные результаты были получены новым методом при применении к наблюдениям комет и туманностей. Теперь мы дадим некоторый отчет о том, что было изучено относительно строения неподвижных звезд в результате исследований, которые были начаты сэром Уильямом Хаггинсом и продолжены и развиты им, а также Секки, Фогелем, Пикерингом, Локьером, Дюннером, Шайнером и другими. Здесь, как и в других современных областях астрономии, фотография сыграла важнейшую роль не только потому, что сфотографированные спектры звезд простираются на фиолетовом конце гораздо дальше, чем наблюдатель может уследить за ними своим глазом, но и потому, что положение линий может быть очень точно измерено на фотографиях.

Первым наблюдателем, приведшим к порядку кажущееся хаотичным разнообразие звездных спектров, был Секки, который показал, что все они могут быть сгруппированы по четырем типам. Однако за последние тридцать лет было обнаружено так много модификаций различных типов, что возникла необходимость подразделять типы Секки, и большинство наблюдателей теперь используют классификацию Фогеля, которую мы также для удобства примем в этой главе.

Тип I. — В спектрах звезд этого класса металлические линии, которые так многочисленны и заметны в фиолетовом спектре солнца, очень слабые и тонкие или совсем невидимые, а голубая и белая части очень интенсивно яркие. Фогель подразделяет класс на три группы. В первой (I.a) присутствуют линии водорода, они удивительно широкие и интенсивные; Сириус, Вега и Регулус являются примерами этой группы. Большая ширина линий, вероятно, указывает на то, что эти звезды окружены водородными атмосферами огромных размеров. Общеизвестно, что звезды этой группы должны быть самыми горячими из всех, и в пользу этой точки зрения свидетельствует появление в их спектрах определенной линии магния, которая, как показал сэр Норман Локьер много лет назад с помощью экспериментальных исследований, не появляется в обычном спектре магния, но указывает на присутствие вещества при очень высокой температуре. В спектрах звезд группы I.b линии водорода и несколько металлических линий имеют одинаковую ширину, а только что упомянутая линия магния является самой сильной из всех. Ригель и несколько других ярких звезд Ориона принадлежат к этой группе, и примечательно, что гелий присутствует по крайней мере в некоторых из этих звезд, так что (как отмечает профессор Килер) спектр Ригеля можно почти рассматривать как перевернутый спектр туманности (темные линии вместо ярких), за исключением того, что две главные линии туманности у звезды не перевернуты. Этот факт, несомненно, в конечном итоге будет иметь огромное значение для нашего понимания последовательного развития звезды из туманности; а звезда, подобная Ригелю, без сомнения, также имеет очень высокую температуру. Вероятно, это не относится к звездам третьего подразделения типа I. (I.c), спектры которых отличаются наличием ярких водородных линий и яркой гелиевой линии D₃. Среди звезд, обладающих этим весьма примечательным спектром, есть очень интересная переменная звезда в созвездии Лиры (β) и звезда, известная как γ Кассиопеи, обе из которых были тщательно изучены, их спектры обладают многочисленными особенностями, которые делают объяснение физического строения звезд этого подразделения очень сложным делом.

Переходя к *типу II.*, мы находим спектры, в которых металлические линии являются сильными. Более преломляемый конец спектра слабее, чем в предыдущем классе, и полосы поглощения иногда обнаруживаются ближе к красному концу. В его первом подразделении (II.a) содержатся спектры с большим количеством сильных и четко очерченных линий, обусловленных металлами, также хорошо видны линии водорода, хотя они и не особенно заметны. Среди очень многочисленных звезд этой группы - Капелла, Альдебаран, Арктур,

Поллукс и др. Спектры этих звезд фактически практически идентичны спектру нашего собственного солнца, как показал, например, доктор Шайнер из Потсдамской астрофизической обсерватории, который измерил несколько сотен линий на фотографиях спектра Капеллы и обнаружил очень близкое совпадение между этими линиями и соответствующими линиями в солнечном спектре. Мы едва ли можем сомневаться в том, что физическое строение этих звезд очень похоже на строение нашего солнца. Этого не может быть в случае со звездами второго подразделения (II.b), спектры которых очень сложны, каждый из которых состоит из непрерывного спектра, пересеченного многочисленными темными линиями, на которые накладывается второй спектр из ярких линий. Известно, что более семидесяти звезд обладают таким необычным спектром, единственной яркой среди них является звезда третьей величины в южном созвездии Аргуса. Здесь снова мы имеем водород и гелий, представленные яркими линиями, в то время как происхождение остальных ярких линий вызывает сомнения. Что касается физического строения звезд этой группы, очень трудно прийти к определенному выводу, но не кажется маловероятным, что мы имеем здесь дело со звездами, которые не только окружены атмосферой с более низкой температурой, вызывающей темные линии, но и которые, помимо этого, имеют огромную оболочку из водорода и других газов. По крайней мере, у одной звезды из этой группы профессор Кэмпбелл из обсерватории Лик увидел линию F в виде длинной линии, простирающейся на очень заметное расстояние по обе стороны непрерывного спектра, а при открытой щели она была видна как большой круглый диск диаметром около шести секунд; две другие основные линии водорода имели тот же вид. Насколько можно судить из этого наблюдения, по-видимому, указывается на существование обширной газовой оболочки, окружающей звезду.

Тип III. содержит сравнительно немного звезд, и спектры характеризуются многочисленными темными полосами в дополнение к темным линиям, в то время как более преломляющиеся части очень слабые, по этой причине звезды более или менее красного цвета. Этот класс имеет два четко выраженных подразделения. На первом (III.a) основные линии поглощения совпадают с аналогичными линиями в солнечном спектре, но с большими различиями по интенсивности, многие линии у этих звезд намного сильнее, чем у солнца, в то время как также появляется много новых линий. Эти различия, однако, менее важны, чем специфические полосы поглощения в красной, желтой и зеленой частях спектра, перекрывающие металлические линии и резко очерченные со стороны фиолетового и постепенно затеняющиеся к красному концу спектра. Полосы такого рода принадлежат химическим сочетаниям, и это, по-видимому, показывает, что где-то в атмосферах этих далеких солнц температура достаточно низка, чтобы могли образовываться стабильные химические соединения. Наиболее важной звездой такого рода является Бетельгейзе, или α Ориона, красная звезда первой величины в плече Ориона; но особенно важно отметить, что многие переменные звезды с большим периодом имеют спектры типа III.a. Сэр Норман Локьер предсказал в 1887 году, что яркие линии, вероятно, водорода, в конечном итоге будут обнаружены на максимуме яркости, когда меньший рой, как предполагается, пройдет через больший, и это вскоре было подтверждено сообщением о том, что профессор Пикеринг обнаружил ряд ярких линий водорода на фотографиях, полученных в Гарварде. Обсерватория колледжа в спектре замечательной переменной Mira Ceti во время максимума. Профессор Пикеринг с тех пор сообщил, что яркие линии были обнаружены на пластинах сорока одной ранее известной переменной этого класса и что более двадцати других звезд были обнаружены как переменные благодаря этой особенности их спектра; то есть яркие линии, видимые в них, предполагали, что звезды были переменными, и дальнейшие фотометрические исследования подтвердили этот факт.

Второе подразделение (III.b) содержит только сравнительно слабые звезды, ни одна из которых не превышает пятой звездной величины, и ограничено небольшим количеством красных звезд. Ярко выраженные полосы в их спектрах резко очерчены и темны на красной стороне, в то время как они постепенно исчезают в направлении фиолетового, в точности противоположного тому, что мы видим в спектрах III.a. Эти полосы, по-видимому, возникают в результате поглощения парами углеводородов, присутствующими в атмосферах этих звезд; но также видны некоторые линии, которые указывают на присутствие паров металлов, среди которых, безусловно, натрий. Не может быть никаких сомнений в том, что эти звезды представляют собой последнюю стадию в жизни солнца, когда оно значительно остыло и не очень далеко от фактического исчезновения из-за увеличивающегося поглощения оставшегося света окружающей его атмосферой.

Метод, используемый для спектроскопического определения движения звезды в поле зрения, такой же, как метод, который мы описали в главе о Солнце. Положение определенной линии в спектре звезды сравнивается с положением соответствующей яркой линии элемента в искусственно созданном спектре, и таким образом может быть обнаружено смещение звездной линии либо в сторону фиолетового (указывающего на то, что звезда приближается к нам), либо в сторону красного (указывающего на то, что она удаляется). Самая ранняя попытка такого рода была предпринята в 1867 году сэром Уильямом Хаггинсом, который сравнил линию F в спектре Сириуса с такой же линией спектра водорода, содержащегося в вакуумной трубке, отраженной в поле его астрономического спектроскопа, так что два спектра оказались рядом. Работа, начатая и продолженная им таким образом, впоследствии была продолжена в Гринвичской обсерватории; но результаты, полученные в результате этих прямых наблюдений, никогда не были удовлетворительными, поскольку появились заметные расхождения между значениями, полученными разными наблюдателями, и even одним и тем же наблюдателем в разные ночи. Этому не следует удивляться, если иметь в виду, что скорость света настолько огромна по сравнению с любой скоростью, с которой может перемещаться небесное тело, что изменение длины волны, возникающее в результате последнего движения, может быть лишь очень незначительным, его трудно воспринять и еще труднее измерить. Но с тех пор, как доктор Фогель из Потсдама впервые применил фотографию для этих исследований, были получены гораздо более точные и надежные результаты, хотя даже сейчас требуется крайняя осторожность, чтобы избежать систематических ошибок. Чтобы дать некоторое представление о полученных результатах, мы представляем в следующей таблице значения скорости в секунду ряда звезд, наблюдавшихся в 1896 и 1897 годах мистером Х.Ф. Ньюоллом с помощью спектрографа Брюса, прикрепленного к большому 25-дюймовому рефрактору Ньюолла Кембриджской обсерватории, и мы добавили значения, найденные в Потсдаме Фогелем и Шайнером. Результаты выражаются в километрах (1 км. = 0.62 английских мили). Знак+ означает, что звезда удаляется от нас, - что она приближается.

	Ньюалл.	Vogel.	Scheiner.
Альдебаран	+ 49.2	+ 47.6	+ 49.4
Бетельгейзе	+ 10.6	+ 15.6	+ 18.8
Процион	- 4.2	- 7.2	- 10.5
Поллукс	- 0.7	+ 1.9	+ 0.4
γ Леонис	- 39.9	- 36.5	- 40.5
Арктур	- 6.4	- 7.0	- 8.3

Эти результаты были скорректированы с учетом орбитального движения Земли вокруг Солнца, но не с учетом движения Солнца в космосе, поскольку величина последнего практически неизвестна или, по крайней мере, очень неопределенна; так что приведенные выше цифры действительно представляют скорость различных звезд относительно Солнца в секунду. Мы можем добавить, что направление и скорость движения солнца в конечном итоге могут быть установлены на основе спектроскопических измерений большого числа звезд, и представляется вероятным, что таким образом скорость солнца будет определена гораздо точнее, чем с помощью более старого метода объединения собственных движений звезд с предположениями относительно средних расстояний между различными классами звезд. Это уже пытался сделать доктор Кемпф, который на основе потсдамских spectroграфических наблюдений установил, что скорость солнца составляет 18,6 километров, или 11,5 миль в секунду, результат, который, вероятно, недалек от истины.

Но спектры неподвижных звезд также могут рассказать нам кое-что об орбитальном движении в этих чрезвычайно удаленных системах. Если одна звезда вращается вокруг другой в плоскости, проходящей через солнце, она должна с одной стороны орбиты двигаться прямо к нам, а с другой стороны - прямо от нас, в то время как она не изменит своего расстояния от нас, проходя перед центральным телом или позади него. Следовательно, если мы обнаружим из спектроскопических наблюдений, что звезда попеременно движется к земле и от нее в течение определенного периода, не может быть никаких сомнений в том, что эта звезда движется вокруг какого-то невидимого тела (или, скорее, вокруг центра тяжести обоих) в течение периода, указанного смещением спектральных линий. В [Главе XIX](#) мы упомянули переменную звезду Алгол в созвездии Персея, которая относится к классу переменных звезд, отличающихся тем фактом, что большую часть периода они сохраняют неизменную яркость, в то время как на очень короткое время они становятся значительно слабее. То, что это было вызвано каким-то затмением - или, другими словами, периодическим прохождением темного тела перед звездой, более или менее скрывающего от нас последнюю, — было самой простой из возможных гипотез, и она уже много лет назад была общепринятой. Но было невозможно доказать, что это истинное объяснение периодичности звезд, подобных Алголу, пока профессор Фогель на основе спектроскопических наблюдений, сделанных в Потсдаме, не обнаружил, что перед каждым минимумом Алгол удаляется от солнца, в то время как после минимума он приближается к нам. Предполагая, что орбита Алгола круговая, было установлено, что скорость составляет двадцать шесть миль в секунду. Исходя из этого, а также продолжительности периода (2 часа 22 минуты 48 минут 55 секунд) и времени затемнения, было легко вычислить размер орбиты и фактические размеры двух тел. Можно было даже пойти дальше и вычислить по орбитальным скоростям массы двух тел, [\[41\]](#) предполагая, что они имеют одинаковую плотность — предположение, которое, без сомнения, очень неопределенное. Ниже приведены приблизительные элементы системы Алгола, найденные Фогелем:—

Диаметр Алголя	1 054 000 миль.
Диаметр спутника	825 000 миль.
Расстояние между их центрами	3 220 000 миль.
Орбитальная скорость Алголя	26 миль в секунду.
Орбитальная скорость спутника	55 миль в секунду.
Масса Алголя	49 массы Солнца.
Масса спутника	29 массы Солнца.

Период Алголя постепенно сокращался в течение последнего столетия (на шесть или семь секунд), но вызвано ли это движением пары вокруг третьего и гораздо более удаленного тела, как предположил м-р Чандлер, еще предстоит выяснить.

Мы уже упоминали, что для создания затмений и, следовательно, изменений освещенности необходимо, чтобы линия обзора проходила почти в плоскости орбиты. Также важно, чтобы между двумя телами была значительная разница в яркости. Эти условия должны выполняться для пятнадцати известных в настоящее время переменных звезд класса Алгол; но, согласно теории вероятности, должно быть гораздо больше двойных систем, подобных Алголу, где эти условия не выполняются, и в этих случаях никаких изменений яркости звезд происходить не будет. Конечно, мы знаем много случаев, когда светящаяся звезда вращалась вокруг другой, но должны быть и случаи, когда крупный компаньон вращался вокруг другого на таком малом расстоянии, что наши телескопы не могли "разделить" двойную звезду. На самом деле это было обнаружено с помощью спектроскопа. Если мы предположим, что с помощью спектроскопа исследуется чрезвычайно близкая двойная звезда, спектры двух компонентов будут наложены друг на друга, и мы не будем осознавать, что на самом деле видим два разных спектра. Но во время вращения двух тел вокруг их общего центра тяжести периодически должен наступать момент, когда одно тело движется к нам, а другое - от нас, и, следовательно, линии в спектре первого будут подвержены незначительному относительному смещению к фиолетовому концу спектра, а линии другого - незначительному смещению к красному. Таким образом, те линии, которые являются общими для двух спектров, будут периодически становиться двойными. Открытие такого рода было впервые сделано в 1889 году профессором Пикерингом по фотографиям спектра Мизара, или ζ Большой Медведицы, более крупного компонента хорошо известной двойной звезды в хвосте Большой Медведицы. Было обнаружено, что некоторые линии удваиваются с интервалом в пятьдесят два дня. Максимальное расстояние между двумя компонентами каждой линии соответствует относительной скорости одной звезды по сравнению с другой, составляющей около ста миль в секунду, но последующие наблюдения показали, что случай очень сложный, либо из-за очень эксцентричной эллиптической орбиты, либо, возможно, из-за присутствия третьего тела. Фотографии Гарвардского колледжа также показали периодическое дублирование линий в звезде β Aurigæ, причем период был удивительно коротким, всего три дня, двадцать три часа и тридцать семь минут. В 1891 году Фогель обнаружил, изучив фотографии спектра Спики, звезды первой величины в созвездии Девы, что эта звезда попеременно удаляется от солнечной системы и приближается к ней, причем период составляет четыре дня. С тех пор были обнаружены некоторые другие "спектроскопические двойные", в частности, один компонент Castor с периодом в три дня, обнаруженный М. Белопольским, и звезда в созвездии Скорпиона с периодом всего в тридцать четыре часа, обнаруженная на спектрограммах Гарварда.

Совсем недавно мистер Х.Ф. Ньюолл из Кембриджа и мистер Кэмпбелл из обсерватории Лик показали, что α Возничего, или Капелла, состоит из солнцеподобной звезды и звезды, подобной Прокциону, обращающихся за 104 дня.

На первый взгляд есть что-то очень поразительное в идее двух солнц, вращающихся друг вокруг друга, разделенных интервалом, который по сравнению с их диаметрами лишь очень мал. В системе Алгол, например, у нас есть два тела, одно размером с наше солнце, а другое немного больше, которые движутся вокруг своего общего центра тяжести менее чем за три дня, и расстояние между их поверхностями всего в два раза превышает диаметр большего. Опять же, в системе Спики у нас есть два больших солнца, обращающихся друг вокруг друга всего за четыре дня, на расстоянии, равном расстоянию между Сатурном и его шестым

спутником. Но хотя в настоящее время в нашей солнечной системе нет ничего аналогичного этому, математически можно доказать, что система такого рода вполне может сохранять свою стабильность, если не навсегда, то, во всяком случае, на века, и в нашей последней главе мы увидим, что, по всей вероятности, было время, когда земля и Луна образовывали своеобразную систему из двух тел, быстро вращающихся на очень малом расстоянии по сравнению с диаметрами тел.

Возможно, что у нас есть более сложная система в звезде, известной как β Лиры. Это переменная звезда, представляющая большой интерес, с периодом в двенадцать дней и двадцать два часа, за это время она повышается с величины $4-1/2$ до чуть выше $3-1/2$, опускается почти до четвертой звездной величины, снова повышается полностью до $3-1/2$ и, наконец, падает до величины $4-1/2$. В 1891 году профессор Пикеринг обнаружил, что яркие линии в спектре этой звезды время от времени меняли свое положение, появляясь то с одной, то с другой стороны соответствующих темных линий. Очевидно, что эти яркие линии меняют длину своей волны, источник света попеременно удаляется от земли и приближается к ней, и первое, по-видимому, имело место в течение половины периода изменения света звезды, второе - в течение другой половины. Спектр этой звезды был дополнительно исследован Белопольским и другими, которые обнаружили, что линии, по-видимому, двойные, но что один из компонентов время от времени либо исчезает, либо становится очень узким. Исходя из предположения, что эти линии действительно были одиночными (очевидная двойственность, возникающая в результате наложения темной линии), Белопольский определил величину их смещения, измерив расстояния от двух краев линии водорода (F) до искусственной линии водорода, образованной газом, светящимся в трубке, и сфотографировал ее вместе со спектром звезды. Предположив, что альтернативный подход и снижение вызваны вращением по орбите, Белопольский обнаружил, что тело, испускающее свет в виде ярких линий, двигалось с орбитальной скоростью сорок одна миля. В 1897 году ему удалось наблюдать смещение темной линии из-за магния, и он обнаружил, что излучающее ее тело также двигалось по орбите, но в то время как скорости, задаваемые яркой линией F, положительны после основного минимума света звезды, скорости, задаваемые темной линией, отрицательны. Следовательно, во время главного минимума затмевается звезда, дающая темную линию, а во время вторичного минимума затмевается другая звезда, дающая яркую линию. Эта удивительная переменная величина, однако, потребует дополнительных наблюдений, прежде чем проблема ее строения будет окончательно решена, и то же самое можно сказать о нескольких переменных звездах, например, η Аквиле и δ Цефее, у которых было обнаружено отсутствие гармонии между изменениями скорости и флуктуациями света.

Существует несколько поразительных аналогий между сложным спектром β Лиры и спектрами временных звезд. Первой "новой звездой", которую удалось исследовать спектроскопически, была та, что появилась в Северной короне в 1866 году, и которая была изучена сэром У. Хаггинсом. Она показала непрерывный спектр с темными линиями поглощения, а также яркими линиями водорода; практически тот же спектр, что и у звезд типа II.b. То же самое было и со звездой Шмидта 1876 года, которая показала линию гелия (D_3) и линию главной туманности в дополнение к линиям водорода; но осенью 1877 года, когда звезда упала до десятой звездной величины, доктор Коупленд с удивлением обнаружил, что видна только одна линия, линия главной туманности, в которой сосредоточен почти весь свет звезды, а непрерывный спектр едва различим. отслеживаемый. На самом деле казалось, что звезда превратилась в планетарную туманность, но позже спектр, по-видимому, утратил этот специфический монохроматический характер, линия туманности исчезла, и был виден только слабый

непрерывный спектр, что также имело место со звездой 1866 года, поскольку она снизилась до десятой величины. Непрерывный спектр - это все, что можно было увидеть от новой звезды, вспыхнувшей в туманности Андромеды в 1885 году, почти такой же, как спектр самой туманности.

Когда в феврале 1892 года было объявлено о появлении новой звезды в Ауриге, астрономы были лучше подготовлены к ее спектроскопическому наблюдению, поскольку теперь с помощью фотографии стало возможным изучать невидимую глазу ультрафиолетовую часть спектра. Видимый спектр был очень похож на спектр Новой Звезды Лебеда 1876 года, но когда были измерены длины волн всех ярких линий, замеченных и сфотографированных в обсерватории Лик и в Потсдаме, сильное сходство со спектром ярких линий хромосферы Солнца стало очень очевидным. Линии водорода были очень заметны, в то время как линий железа было очень много, а также были представлены кальций и магний. Однако самым замечательным открытием, сделанным на фотографиях, было то, что яркие линии во многих случаях сопровождались на стороне, следующей за фиолетовой, широкими темными полосами, в то время как как яркие, так и темные линии носили составной характер. Многие из темных линий имели тонкую яркую линию, наложенную посередине, в то время как, с другой стороны, многие из ярких линий имели максимум яркости в две или три точки. Результаты измерений движения в зоне прямой видимости имели особое значение. Они показали, что источник света, откуда исходили тонкие яркие линии внутри темных, двигался к солнцу с огромной скоростью 400 миль в секунду, и если яркие линии были фактическими "обратными" по отношению к темным, то источник спектра поглощения должен был двигаться с примерно такой же скоростью. С другой стороны, если два или три максимума яркости в ярких линиях действительно представляют два или три отдельных тела, образующих яркие линии, то измерения показывают, что главное из них находилось почти в состоянии покоя по отношению к солнцу, в то время как другие удалялись от нас с необычайной скоростью 300 и 600 миль в секунду. И как будто это было недостаточно загадочно, звезда, возродившаяся в августе 1892 года в качестве звезды десятой величины, имела совершенно другой спектр, не показывая ничего, кроме ряда ярких линий, принадлежащих планетарным туманностям! Возможно, что основные из них действительно присутствовали в спектре с самого начала, но их длины волн отличались из-за изменения движения в луче зрения, так что линии туманностей, видимые осенью, были идентичны другим, видимым весной в немного отличающихся местах. Последующие наблюдения за линиями этих туманностей, по-видимому, указали на движение Новой Звезды в направлении Солнечной системы (со скоростью около 150 миль в секунду), которое постепенно уменьшалось.

Но хотя мы вынуждены признать нашу неспособность сказать наверняка, почему временная звезда вспыхивает так внезапно, у нас есть все основания думать, что эти странные тела постепенно многое расскажут нам о строении неподвижных звезд. Огромное разнообразие спектров, которые мы видим в звездной вселенной, спектры туманностей с яркими линиями, звездные спектры того же общего характера, другие с широкими полосами поглощения, или многочисленные темные линии, подобные нашему солнцу, или только несколько линий поглощения — все это показывает нам, что Вселенная изобилует телами на различных стадиях эволюции. У нас будет еще несколько слов, чтобы сказать по этому поводу, когда мы перейдем к рассмотрению астрономического значения тепла; но мы достигли точки, когда интеллект человека едва поспевает за развитием наших инструментальных ресурсов, и когда наше воображение приходит в замешательство, когда мы пытаемся систематизировать полученные знания. То, что при интерпретации наблюдаемых явлений необходимо проявлять большую осторожность, очевидно из недавнего опыта профессора Роуланда из

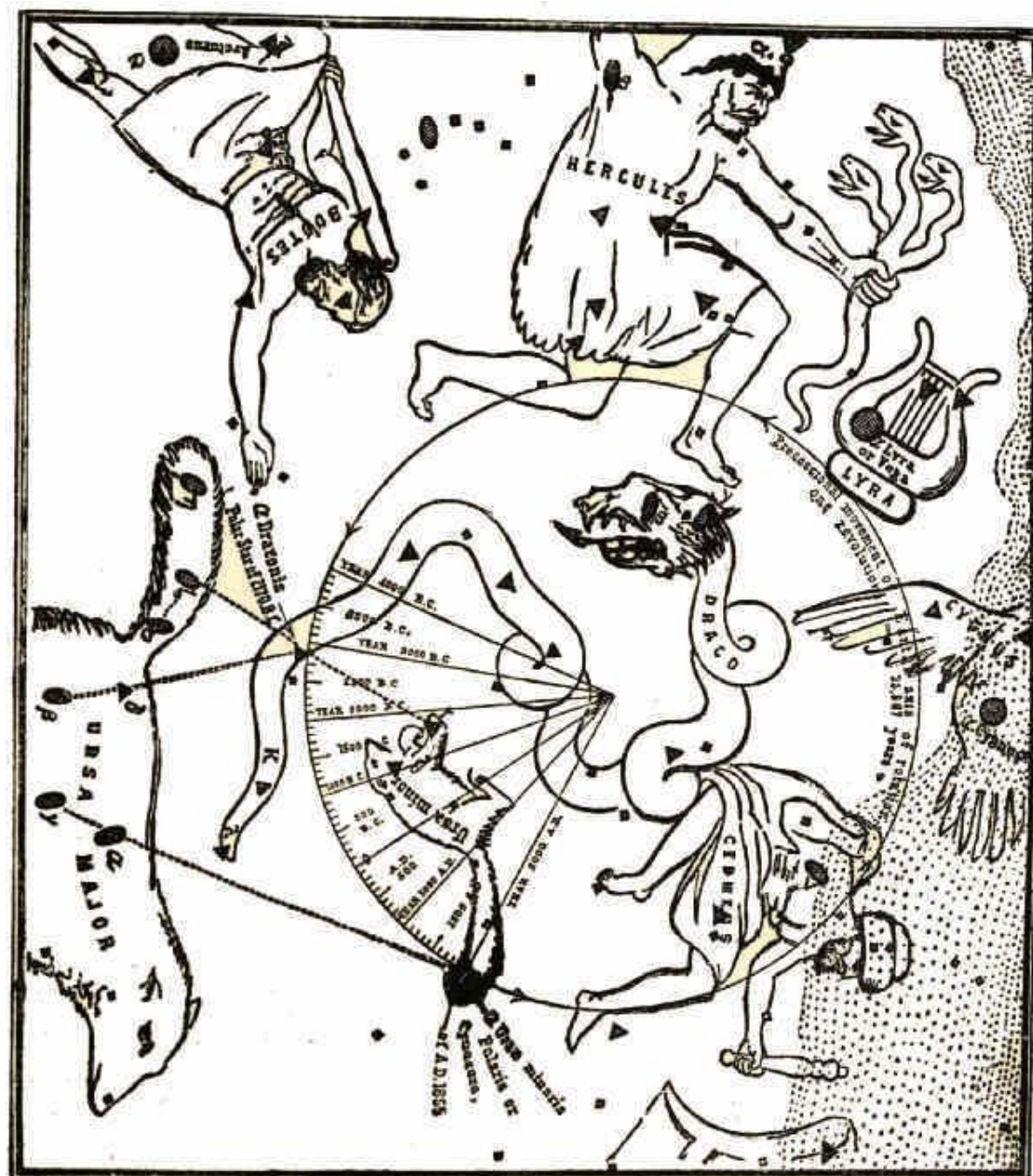
Балтимора, из которого мы узнаем, что спектральные линии не только расширяются под действием повышенного давления светообразующего пара, но и могут при этом смещаться физически. Открытие доктора Зеемана, что линия от источника, помещенного в сильное магнитное поле, может быть как расширена, так и удвоена, также увеличит наши трудности в интерпретации этих непонятных явлений.

ГЛАВА XXIV.

ПРЕЦЕССИЯ И НУТАЦИЯ ЗЕМНОЙ ОСИ.

Полюс не является фиксированной точкой—Его влияние на видимое расположение Звезд—Иллюстрация колышка-Возмущающая сила, действующая на Землю—Притяжение Солнца на земном шаре—Выступ на Экваторе—Притяжение Выступа Солнцем и Луной вызывает прецессию—Эффективность прецессирующего агента изменяется обратно пропорционально кубу Расстояния—Относительная эффективность Солнца и Луны—То, как Полюс Земной оси вращается вокруг Полюса Эклиптики—Изменение широты.

Положение небесного полюса удобнее всего обозначить яркой звездой, известной как Полярная звезда, которая находится в непосредственной близости от него. Вокруг этого полюса, по-видимому, все небо вращается один раз за звездный день; и до сих пор мы всегда относились к полюсу так, как если бы он был неподвижной точкой на небесах. Этот язык достаточно корректен, когда мы охватываем в нашем обзоре лишь умеренный период времени. Несомненно, в настоящее время полюс находится вблизи Полярной звезды. Это происходило при жизни последнего поколения и будет происходить при жизни следующего поколения. Однако все это время полюс неуклонно движется в небесах, так что в конце концов наступит время, когда полюс удалится на значительное расстояние от нынешней Полярной Звезды. Это движение непрестанно. Его можно легко обнаружить и измерить с помощью приборов в наших обсерваториях, и астрономы знакомы с тем фактом, что во всех своих расчетах необходимо особо учитывать это движение полюса. Это приводит к очевидному изменению положения звезды, которое известно под термином "прецессия".



Star-map, representing the precessional movement of the Celestial Pole of rotation and especially marking it from the year 4000 B.C. to the year 2000 A.D.
Symbols adopted to represent the magnitudes or brightness of the stars, 1st , 2nd , 3rd , 4th .

Рис. 100.

Движение шеста очень четко показано на прилагаемом рисунке (рис. 100), которым я обязан доброте покойного профессора К. Пиацци Смита. Круг показывает дорожку, по которой шест движется среди звезд.

Центром круга в созвездии Дракона является полюс эклиптики. Полный путь полюса занимает значительный период - около 25 867 лет. На рисунке показано положение полюса в несколько периодов времени с 4000 г. до н.э. по 2000 г. н.э. При взгляде на эту карту становится очевидным, насколько случайной является близость полюса к Полярной звезде. В настоящее время, действительно, расстояние между ними фактически уменьшается, но впоследствии расстояние будет увеличиваться до тех пор, пока, когда будет совершена половина оборота, полюс не окажется на расстоянии, вдвое превышающем радиус окружности, от Полярной звезды. Тогда случится так, что полюс окажется рядом с яркой

звездой Вегой или α Лирой, так что наши преемники примерно через 12 000 лет смогут использовать Вегу для многих целей, для которых в настоящее время используется Полярная звезда! Оглядываясь назад, в прошлые эпохи, мы видим, что примерно за 2000 или 3000 лет до нашей эры звезда α Дракона была расположена подходящим образом, чтобы служить Полярной звездой, когда β и δ Большой Медведицы служили указателями. Вряд ли нужно добавлять, что с момента зарождения точной астрономии движение полюса наблюдалось только над очень небольшой частью огромного круга. Однако мы не имеем права сомневаться в том, что движение полюса будет продолжаться по тому же пути. Это станет предельно ясно, когда мы приступим к объяснению этого очень интересного явления.

Северный полюс небес - это точка небесной сферы, к которой направлен северный конец оси, вокруг которой вращается земля. Отсюда следует, что эта ось должна постоянно менять свое положение. Характер движения земли, насколько это касается ее вращения, может быть проиллюстрирован самой обычной игрушкой, с которой знаком каждый мальчик. Когда волчок приводится во вращение, он, конечно, очень быстро вращается вокруг своей оси; но помимо этого вращения обычно происходит другое движение, при котором ось волчка не остается в постоянном направлении, а движется по конической траектории вокруг вертикальной линии. На соседнем рисунке (рис. 101) показан верх колышка. Он, конечно, с большой скоростью вращается вокруг своей оси, в то время как сама ось вращается вокруг вертикальной линии очень обдуманном движением. Если бы мы могли представить себе огромную вершину, которая вращается вокруг своей оси один раз в день, и если бы эта ось была наклонена под углом в двадцать три с половиной градуса к вертикали, и если бы медленное коническое движение оси было таким, что оборот оси завершался примерно за 26 000 лет, то движения были бы похожи на те, которые на самом деле совершает земля. Иллюстрация с колышком наверху действительно очень близка к реальному явлению прецессии. В каждом случае вращение вокруг оси происходит намного быстрее, чем вращение самой оси; в каждом случае также медленное движение происходит из-за внешнего вмешательства. Глядя на фигуру колышка (рис. 101), мы можем задаться вопросом, почему он не падает? Очевидный эффект силы тяжести, по-видимому, говорит о том, что верхушка колышка не может находиться в положении, показанном на рисунке. Однако все знают, что это возможно, пока волчок вращается. Если бы волчок не вращался, он, конечно, упал бы. Отсюда следует, что эффект быстрого вращения волчка настолько изменяет эффект тяготения, что последнее, вместо того, чтобы производить свое, казалось бы, очевидное следствие, вызывает медленное коническое движение оси вращения. Это, без сомнения, динамический вопрос определенной сложности, но легко экспериментально проверить, что это так. Если волчок сконструирован так, что точка, вокруг которой он вращается, совпадает с центром тяжести, то на волчок не действует сила тяжести и не ощущается конического движения.

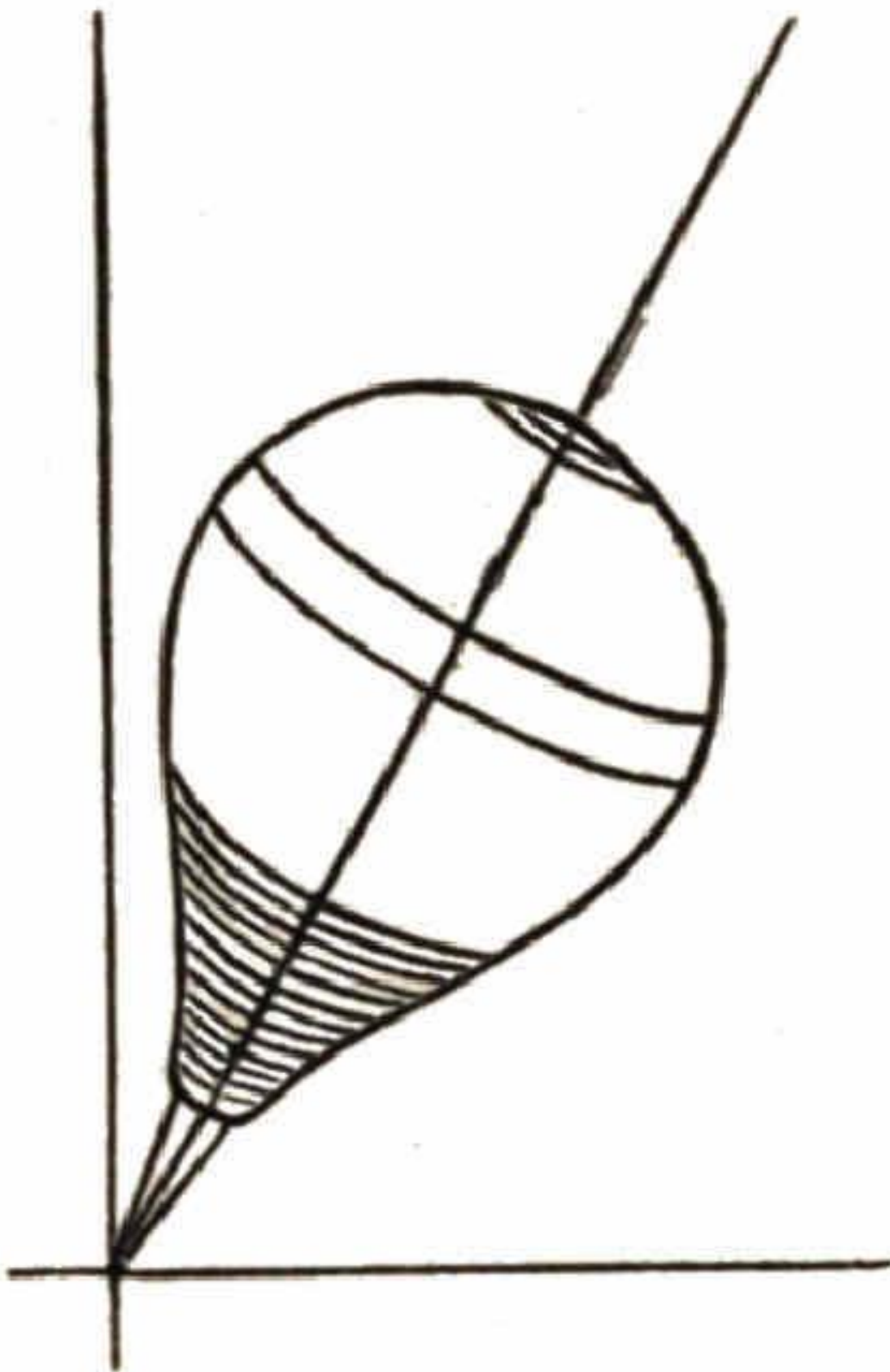


Рис. 101.—

Иллюстрация движения прецессии.

Если бы земля не подвергалась никакому внешнему вмешательству, то направление оси, вокруг которой она вращается, всегда оставалось бы постоянным; но поскольку направление оси не остается постоянным, необходимо искать возмущающую силу, адекватную возникновению наблюдаемых явлений. Мы неизменно обнаруживали, что динамические явления астрономии могут быть объяснены законом всемирного тяготения. Поэтому

естественно задаться вопросом, в какой степени гравитация может объяснить явление прецессии; и чтобы представить дело в его простейшей форме, давайте рассмотрим эффект, который может оказывать удаленное притягивающее тело на вращение земли.

Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо точно определить, что мы подразумеваем под землей; и поскольку для большинства целей астрономии мы рассматриваем землю как сферический шар, мы начнем с этого предположения. Представляется также несомненным, что внутренняя часть земли в целом тяжелее внешних ее частей. Поэтому разумно предположить, что плотность увеличивается по мере того, как мы спускаемся; также нет достаточных оснований думать, что земля намного тяжелее в одной части, чем в любой другой, одинаково удаленной от центра. Поэтому в таких расчетах обычно предполагается, что земля образована концентрическими сферическими оболочками, каждая из которых имеет одинаковую плотность; в то время как плотность уменьшается от каждой оболочки к внешней.

Поскольку земной шар такого строения подвергается притяжению какого-либо внешнего тела, давайте рассмотрим эффекты, которые это внешнее тело может произвести. Предположим, например, что солнце притягивает шар такого характера, какие движения будут в результате? Первый и наиболее очевидный результат - это тот, который мы уже так часто обсуждали и который выражается законами Кеплера: притяжение заставит землю вращаться вокруг солнца по эллиптической траектории, в фокусе которой находится солнце. Это движение нас, однако, в данный момент не интересует. Мы должны выяснить, насколько притяжение солнца может изменить вращение земли вокруг своей оси. Можно продемонстрировать, что притяжение Солнца было бы бессильно нарушить вращение Земли, составленное таким образом. Это результат, который может быть формально доказан математическим расчетом. Однако достаточно очевидно, что сила притяжения любой удаленной точки на симметричном земном шаре должна проходить через центр этого земного шара; и поскольку солнце представляет собой всего лишь огромную совокупность притягивающих точек, оно может создавать только соответствующее множество сил притяжения; каждая из этих сил проходит через центр земли, и, следовательно, результирующая сила, выражающая совокупный результат всех отдельных сил, также должна быть направлена через центр земли. Сила такого характера, каким бы другим мощным влиянием она ни обладала, будет бессильна повлиять на вращение земли. Если бы земля вращалась вокруг какой-либо оси, направление этой оси неизменно сохранялось бы; так что, когда земля вращается вокруг солнца, она все равно продолжала бы вращаться вокруг оси, которая всегда оставалась параллельной ей самой. Точно так же притяжение земли каким-либо другим телом не оказалось бы более эффективным, чем притяжение солнца. Если бы земля действительно была симметричным шаром, как мы предполагаем, то притяжение солнца и Луны и даже влияние всех планет никогда не смогли бы заставить ось вращения земли отклониться ни на секунду от ее первоначального направления.

Таким образом, мы очень сильно сузили поиск причины "прецессии". Если бы земля была идеальной сферой, прецессия была бы необъяснимой. Поэтому мы вынуждены искать объяснение прецессии в том факте, что земля не является идеальной сферой. Мы уже продемонстрировали, что это так. Мы показали, что экваториальная ось земли длиннее полярной оси, так что экватор опоясывает выпуклая зона. Притяжение внешних тел способно захватить этот выступ и тем самым заставить ось вращения земли изменить свое направление.

Во вселенной есть только два тела, которые вносят ощутимый вклад в прецессионное движение земной оси: эти тела - солнце и Луна. Доля, в которой труд несут солнце и луна, -

это не то, чего можно было бы ожидать при поспешном взгляде на предмет. На этом вопросе желательно остановиться подробнее, поскольку он иллюстрирует очень важный момент в теории тяготения.

Закон всемирного тяготения утверждает, что интенсивность притяжения, которое может оказывать тело, прямо пропорциональна массе этого тела и обратно пропорциональна квадрату его расстояния от точки притяжения. Таким образом, мы можем сравнить притяжение, оказываемое на землю солнцем и Луной. Масса солнца превышает массу Луны примерно в соотношении 26 000 000 к 1. С другой стороны, Луна находится на расстоянии, которое в среднем составляет примерно одну 386-ю часть расстояния от солнца. Таким образом, несложным расчетом можно показать, что эффективность притяжения солнца к земле примерно в 175 раз выше, чем притяжения Луны. Отсюда, конечно, следует, что земля подчиняется чрезвычайно важному притяжению Солнца и движется по эллиптической траектории вокруг солнца, неся Луну в качестве придатка.

Но когда мы подходим к тому конкретному эффекту притяжения, который способен вызывать прецессию, мы обнаруживаем, что закон, по которому вычисляется эффективность притягивающего тела, принимает иную форму. В данном случае меру эффективности можно найти, взяв массу тела и разделив ее на куб расстояния. Полную демонстрацию этого утверждения следует искать в математических формулах, и она не может быть представлена на этих страницах; мы можем, однако, привести одно соображение, которое позволит читателю в некоторой степени понять принцип, хотя и не претендуя на демонстрацию его точности. Будет очевидно, что чем ближе возмущающее тело приближается к земле, тем больше *рычаг* воздействия (если можно использовать это выражение), который обеспечивается выступом на экваторе. Следовательно, эффективность данной силы будет увеличиваться только по этой причине обратно пропорционально расстоянию. Фактическая интенсивность самой силы увеличивается обратно пропорционально квадрату расстояния, и, следовательно, способность притягивающего тела создавать прецессию будет, по двойной причине, увеличиваться при уменьшении расстояния. Предположим, например, что возмущающее тело перемещается на половину своего первоначального расстояния от возмущаемого тела, при этом сила воздействия удваивается, в то время как фактическая интенсивность силы в то же время увеличивается вчетверо в соответствии с законом всемирного тяготения. Из этого следует, что эффект, производимый в последнем случае, должен быть в восемь раз больше, чем в первом. И это просто эквивалентно утверждению, что способность тела создавать прецессию изменяется обратно пропорционально кубу расстояния.

Именно это соображение придает Луне значение как производящему прецессию агенту, на которое сама по себе ее притягательная способность не давала бы ей права. Хотя масса солнца в 26 000 000 раз больше массы Луны, все же, когда это число делится на куб относительной величины расстояний между телами (386), видно, что эффективность Луны более чем в два раза выше, чем у солнца. Другими словами, мы можем сказать, что одна треть движения прецессии обусловлена Солнцем, а две трети - Луной.

Для изучения совместного прецессионного эффекта, обусловленного одновременным действием солнца и Луны, будет полезно рассмотреть эффект, производимый двумя телами по отдельности; и поскольку случай солнца является более простым из двух, мы рассмотрим его в первую очередь. Поскольку Земля совершает свой годовой оборот вокруг Солнца, ось земли направлена в точку на небесах, которая находится на расстоянии $23\frac{1}{2}^\circ$ от полюса эклиптики. Прецессионный эффект солнца заключается в том, что эта точка — полюс земли — вращается, всегда сохраняя одно и то же угловое расстояние от полюса эклиптики; и,

таким образом, мы имеем движение того типа, который представлен на диаграмме. Поскольку эклиптика занимает положение, которое для нашей настоящей цели мы можем рассматривать как фиксированное в пространстве, из этого следует, что полюс эклиптики является фиксированной точкой на поверхности небес; так что траектория полюса земли должна представлять собой небольшой круг в небесах, фиксированный в своем положении относительно окружающих звезд. В этом мы находим движение, строго аналогичное движению колышка. Именно земное притяжение, действующее на колышек, приводит его в коническое движение. Непосредственное действие гравитации настолько смягчается быстрым вращением волчка, что, подчиняясь глубокому динамическому принципу, ось волчка вращается по форме конуса, а не падает вниз, как это было бы, если бы волчок не вращался. Аналогичным образом непосредственное воздействие притяжения солнца на выступ на экваторе заключалось бы в приближении полюса земной оси к полюсу эклиптики, но быстрое вращение земли преобразует это в коническое движение прецессии.

Обстоятельства, связанные с Луной, гораздо более сложны. Луна описывает определенную орбиту вокруг земли; эта орбита лежит в определенной плоскости, и эта плоскость, конечно, имеет определенный полюс на небесной сфере. Соответственно, рг-эффект Луны будет иметь тенденцию заставлять полюс земной оси описывать круг вокруг той точки на небесах, которая является полюсом орбиты Луны. Эта точка находится примерно в 5° от полюса эклиптики. Таким образом, полюс земли подвергается двум различным движениям— одно - обращению вокруг полюса эклиптики, другое - обращению вокруг другой точки, удаленной на 5° , которая является полюсом орбиты Луны. Таким образом, казалось бы, что полюс земли должен совершать определенное составное движение из-за двух отдельных движений. Это действительно так, но есть момент, на который следует обратить очень пристальное внимание, который на первый взгляд кажется почти парадоксальным. Мы показали, что потенциал Луны как прецессионного агента превосходит потенциал Солнца, и поэтому можно было бы подумать, что совокупное движение полюса земли будет больше соответствовать вращению вокруг полюса плоскости орбиты Луны, чем вращению вокруг полюса эклиптики; но это не так. Прецессионное движение представлено вращением вокруг полюса эклиптики, как показано на рисунке. Здесь кроется зародыш одного из тех изысканных астрономических открытий, которые восхищают нас, иллюстрируя некоторые из самых тонких явлений природы.

Плоскость, в которой вращается Луна, не занимает постоянного положения. Мы здесь не занимаемся специально причинами этого изменения плоскости орбиты Луны, но характер движения должен быть изложен. Наклон этой плоскости к эклиптике составляет около 5° , и этот наклон не меняется (за исключением очень узких пределов); но линия пересечения двух плоскостей меняется, и, фактически, меняется так быстро, что совершает оборот примерно за 18-23 года. Это перемещение плоскости орбиты Луны требует соответствующего изменения положения ее полюса. Таким образом, мы видим, что полюс орбиты Луны должен фактически вращаться вокруг полюса эклиптики, всегда оставаясь на одном и том же расстоянии в 5° и завершая свой оборот за 18-23 года. Следовательно, будет очевидно, что существует глубокая разница между прецессионным эффектом солнца и Луны в их воздействии на землю. Солнце приглашает полюс земли описать круг вокруг неподвижного центра; луна приглашает полюс земли описать круг вокруг центра, который сам находится в постоянном движении. К счастью, обстоятельства дела таковы, что значительно снижают сложность проблемы. Движение плоскости Луны, занимающее всего около 18-2 / 3 лет, является очень быстрым движением по сравнению со всем прецессионным движением, которое занимает около 26 000 лет. Из этого следует, что к тому времени, когда земная ось завершит один оборот вокруг своего величественного конуса, полюс плоскости Луны

совершит оборот примерно 1400 раз. Теперь, поскольку этот полюс на самом деле описывает только сравнительно небольшой конус радиусом 5° , мы можем для первого приближения принять среднее положение, которое он занимает; но это среднее положение, конечно, является центром окружности, которую он описывает, то есть полюсом эклиптики.

Таким образом, мы видим, что средний прецессионный эффект луны просто вступает в сговор с эффектом солнца, производя оборот вокруг полюса эклиптики. Более грубые явления, связанные с перемещением земной оси, должны быть объяснены равномерным вращением полюса по круговой траектории; но если мы внимательно изучим траекторию земной оси, то обнаружим, что, хотя она в целом соответствует окружности, на самом деле она представляет собой извилистую линию, иногда проходящую внутри, а иногда и снаружи окружности. Это тонкое движение возникает из-за непрерывного изменения положения полюса орбиты Луны. Период этих колебаний составляет 18-2/3 года, что в точности соответствует периоду обращения узлов Луны. Время, на которое полюс отходит от окружности с обеих сторон, составляет всего около $9 \cdot 2$ секунд - величина, значительно меньшая, чем двадцатитысячная часть радиуса сферы. Это явление, известное как "нутация", было открыто в результате прекрасных телескопических исследований Брэдли в 1747 году. Независимо от того, смотрим ли мы на теоретический интерес к предмету или на точность проводимых наблюдений, это достижение "*Vir comparabilis*", как назвал Брэдли Бессель, является одним из шедевров астрономического гения.

Явления прецессии и нутации зависят от движений самой земли, а не от перемещений оси вращения внутри земли. Следовательно, ни одно из этих явлений не влияет на удаленность какой-либо конкретной точки на земле от северного или южного полюса. Широта места - это расстояние этого места от экватора Земли, и эта величина остается неизменной в течение длительного цикла прецессии, составляющего 26 000 лет. Но за последние несколько лет было обнаружено, что широты подвержены небольшому периодическому изменению в несколько десятых угловой секунды. Впервые на это указал около 1880 года доктор Кюстнер из Берлина, и с помощью мастерского анализа всех доступных наблюдений, сделанных в течение многих лет в различных обсерваториях, доктор Чандлер из Бостона показал, что широта каждой точки на земле подвержена двойным колебаниям, период одного из которых составляет 427 дней, а другого - около года, средняя амплитуда каждого равна $0 \cdot 14$. Другими словами, точка в арктических регионах, расположенная непосредственно на продолжении оси вращения Земли, не является абсолютно неподвижной; конец воображаемой оси перемещается сложным образом, но всегда остается в пределах нескольких ярдов от своего среднего положения. Это замечательное открытие ценно не только тем, что вносит новое уточнение во многие астрономические исследования, зависящие от точного знания широты, но и теоретическими исследованиями, показывающими, что периоды этого изменения несовместимы с предположением, что земля является абсолютно твердым телом. Хотя это предположение другими способами было признано несостоятельным, подтверждение этой точки зрения открытием доктора Чандлера имеет огромное значение.

ГЛАВА XXV.

АБЕРРАЦИЯ СВЕТА.

Реальное и кажущееся движение Звезд — Как их можно различить — Аберрация производит эффекты, зависящие от положения Звезд — Полус Эклиптики — Из-за аберрации кажется, что Звезды движутся по кругу, эллипсу или прямой линии в зависимости от Положения — Все эллипсы имеют равные главные оси — Как объяснить это Движение? — Как отличить Годовой параллакс от Вершины Земного пути — Как это можно объяснить скоростью Света — Как масштаб Солнечной системы можно измерить по аберрации света.

В этой главе мы должны рассказать об открытии загадочного характера, которое убедительно иллюстрирует некоторые фундаментальные истины астрономии. Наше обсуждение этого, естественно, будет разделено на две части. В первой части мы должны описать природу явления, а затем дать чрезвычайно элегантное объяснение, основанное на свойствах света. Телескопическим открытием аберрации, так же как и ее объяснением, мы обязаны знаменитому Брэдли.

Выражение *неподвижная звезда*, столь часто используемое в астрономии, следует понимать в очень ограниченном смысле. Звезды, без сомнения, хорошо закреплены на своих местах, насколько это возможно при грубом наблюдении. Очертания созвездий остаются неизменными на протяжении веков, и, в отличие от непрерывного движения планет, звезды не случайно называют неподвижными. Однако у нас не раз была возможность показать в ходе этой работы, что выражение "неподвижная звезда" не является точным, когда оцениваются мельчайшие величины. При точных измерениях современными приборами многие из этих величин настолько заметны, что с ними всегда приходится считаться при астрономических исследованиях. Мы можем разделить движения звезд на два больших класса: реальные движения и кажущиеся движения. Собственное движение звезд и вращательные движения двойных звезд составляют реальные движения этих тел. Эти движения характерны для каждой звезды, так что две звезды, хотя и расположенные близко друг к другу на небесах, могут в самой большой степени различаться в отношении реальных движений, которыми они обладают. Действительно, иногда может случиться так, что звезды в определенной области движутся сообща. В этом явлении мы имеем следы реального движения, разделяемого рядом звезд в определенной группе. Однако, за этим исключением, реальное движение звезд, по-видимому, не подчиняется никакому систематическому закону, и быстро движущиеся звезды без разбора разбросаны тут и там по небу.

Видимые движения звезд имеют иной характер, поскольку мы обнаруживаем, что движение каждой звезды определяется местом, которое она занимает на небе. Именно с помощью этого средства мы отличаем реальное движение звезды от ее видимого движения и исследуем характер того и другого.

В настоящей главе нас интересуют только видимые движения, и из них есть три, обусловленные соответственно прецессией, нутацией и аберрацией. Каждое из этих видимых движений подчиняется присущим ему законам, и, таким образом, становится возможным анализировать общее видимое движение и различать пропорции, в которые по отдельности внесли свой вклад прецессия, нутация и аберрация. Таким образом, мы имеем возможность изолировать эффект аберрации так же полностью, как если бы он был единственным источником видимого смещения, так что благодаря союзу математических

расчетов и астрономических наблюдений мы можем изучать эффекты абберации так же четко, как если бы на звезды не влияли никакие другие движения.

Сосредоточивая наше внимание исключительно на явлениях абберации, мы опишем ее особое воздействие на звезды в различных областях неба и, таким образом, установим законы, согласно которым проявляются эффекты абберации. Когда этот шаг будет сделан, мы будем в состоянии дать прекрасное объяснение этих законов, зависящих от скорости света.

В одной конкретной области небес эффект абберации имеет такую степень простоты, которая не проявляется больше нигде. Эта область находится в созвездии Дракона, на полюсе эклиптики. На этом полюсе или в непосредственной близости от него каждая звезда в силу абберации описывает в небе круг. Этот круг очень маленький; потребовалось бы что-то около 2000 таких кругов вместе, чтобы образовать площадь, равную площади Луны. Выражаясь обычным астрономическим языком, мы должны сказать, что диаметр этого небольшого круга составляет примерно $40\cdot9$ угловых секунд. Это величина, которая, хотя и невелика для невооруженного глаза, на самом деле имеет большое относительное значение при современном состоянии телескопических исследований. Она не только достаточно велика, чтобы ее можно было воспринять, но и может быть измерена с точностью, которая на самом деле не допускает сомнений, до сотой части целого. Также замечено, что каждая звезда описывает свой маленький круг в точности за один и тот же промежуток времени; и этот период равен одному году, или, другими словами, времени обращения земли вокруг Солнца. Обнаружено, что для всех звезд в этой области, будь то большие или маленькие, одиночные или двойные, белые или цветные, круги, соответствующие каждой из них, имеют одинаковый размер и описываются за одно и то же время. Даже из одного этого было бы очевидно, что причина явления не может заключаться в самой звезде. Это единодушие у звезд любой величины и расстояния требует некоторого более простого объяснения.

Дальнейшее изучение звезд в различных регионах проливает новый свет на этот предмет. Продолжая движение от полюса эклиптики, мы по-прежнему обнаруживаем, что каждая звезда совершает годовое движение того же характера, что и только что рассмотренные звезды. Однако в одном отношении есть разница. Видимый путь звезды больше не является кругом; он превратился в эллипс. Однако вскоре становится ясно, что форма и положение этого эллипса определяются простым законом: чем дальше звезда находится от полюса эклиптики, тем больше эксцентриситет эллипса. Видимый путь звезд на одинаковом расстоянии от полюса имеет одинаковый эксцентриситет, и из осей эллипса более короткая всегда направлена к полюсу, а более длинная, конечно, перпендикулярна к нему. Однако обнаружено, что независимо от того, насколько большим может стать эксцентриситет, большая ось всегда сохраняет свою первоначальную длину. Он всегда равен примерно $40\cdot9$ секундам, то есть диаметру круга абберации на самом полюсе. По мере того как мы удаляемся все дальше и дальше от полюса эклиптики, мы обнаруживаем, что каждая звезда описывает путь все более и более эксцентричный, пока, наконец, когда мы рассматриваем звезду на эклиптике, эллипс не становится настолько вытянутым, что сплющивается в линию. Каждая звезда, находящаяся на эклиптике, совершает колебания взад и вперед по эклиптике с амплитудой $40\cdot9$ секунд. За полгода совершается путешествие в одну сторону, а за другую половину года звезда возвращается в свое первоначальное положение. Когда мы переходим к звездам на южной стороне эклиптики, мы видим, что та же серия изменений происходит в обратном порядке. Эллипс из фактически линейного постепенно увеличивается в ширину, хотя и сохраняет ту же длину главной оси, пока, наконец, не будет

обнаружено, что звезды вблизи южного полюса эклиптики описывают окружность, равную траекториям, по которым движутся звезды на северном полюсе эклиптики.

То обстоятельство, что главные оси всех этих эллипсов имеют одинаковую длину, предполагает еще большее упрощение. Предположим, что каждая звезда, будь то на полюсе эклиптики или в другом месте, движется по абсолютно круговой траектории, и что все эти круги совпадают не только по величине, но и по тому, что все они параллельны плоскости эклиптики: легко видеть, что это простое предположение объясняет наблюдаемые факты. Звезды на полюсе эклиптики, конечно, будут показывать свои круги, обращенные прямо к нам, и мы увидим, что они движутся по круговым траекториям. Однако круговые траектории звезд, удаленных от полюса эклиптики, будут видны лишь несколько сбоку, и, таким образом, видимые траектории будут эллиптическими, какими мы их на самом деле находим. Мы можем даже вычислить степень эллиптичности, которой требовало бы это предположение, и обнаружим, что она совпадает с наблюдаемой эллиптичностью. Наконец, когда мы наблюдаем звезды, действительно движущиеся по эклиптике, круги, по которым они движутся, будут видны по краям, и, таким образом, звезды будут иметь просто линейное движение, которым они обладают. Таким образом, было обнаружено, что все наблюдаемые явления полностью согласуются с предположением, что каждая звезда из миллионов небесных светил описывает один раз в год круговую траекторию; и что, находится ли звезда далеко или близко, этот круг всегда имеет один и тот же видимый диаметр и лежит в плоскости, всегда параллельной плоскости эклиптики.

Теперь мы облекли факты наблюдения в форму, которая позволяет нам исследовать причину столь систематического движения. Почему кажется, что каждая звезда описывает небольшой круговой путь? Почему этот путь должен быть параллелен эклиптике? Почему он должен быть завершен ровно за двенадцать месяцев? Нас сразу отсылают к движению Земли вокруг Солнца. Это движение происходит по эклиптике. Оно завершается через год. Совпадения настолько очевидны, что мы чувствуем себя почти вынужденными каким-то образом связать это очевидное движение звезд с ежегодным движением земли вокруг Солнца. Если бы такой связи не было, было бы в высшей степени маловероятно, чтобы все плоскости окружностей были параллельны эклиптике или чтобы время обращения каждой звезды по своей окружности равнялось времени обращения земли вокруг Солнца. Поскольку оба эти условия выполняются, вероятность соединения возрастает до значения, почти бесконечного.

Тогда возникает важный вопрос о том, почему движение Земли вокруг Солнца должно быть столь удивительным образом связано с этим вселенским движением звезд. Здесь есть один очевидный момент, на который следует обратить внимание и от которого следует отказаться. В предыдущей главе мы обсуждали важный вопрос о годовом параллаксе звезд и показали, как благодаря годовому параллаксу каждая звезда описывает эллипс. Далее можно продемонстрировать, что эти эллипсы на самом деле представляют собой окружности, параллельные эклиптике; так что мы могли бы поспешно предположить, что годовой параллакс был причиной явления, открытого Брэдли. Однако одно обстоятельство опровергнет это предположение. Окружность, описываемая звездой в силу годового параллакса, имеет величину, зависящую от расстояния до звезды, так что окружности, описываемые различными звездами, имеют различные размеры, соответствующие различным расстояниям между разными звездами. Явления аберрации, однако, отчетливо утверждают, что круговой путь каждой звезды имеет одинаковый размер, совершенно независимо от того, каково может быть расстояние до нее, и, следовательно, годовой параллакс не дает адекватного объяснения. Следует также отметить, что движения звезды,

вызванные годовым параллаксом, намного меньше, чем движения из-за аберрации. Не существует ни одной известной звезды, диаметр окружности которой из-за годового параллакса составлял бы одну двадцатую часть диаметра окружности из-за аберрации; действительно, в подавляющем большинстве случаев параллакс звезды является абсолютно незначительной величиной.

Однако существует еще более серьезное и совершенно непреодолимое различие между параллактическим путем и аберрационным путем. Давайте для простоты представим себе звезду, расположенную вблизи полюса эклиптики и, таким образом, совершающую ежегодный оборот по кругу, независимо от того, рассматриваем ли мы явление параллакса или аберрации. По мере того, как вращается земля, кажется, что вращается и звезда; и таким образом, каждому месту земли на ее орбите соответствует определенное место звезды в ее круге. Если движение возникает из-за годового параллакса, то легко увидеть, где будет находиться звезда при любом положении земли. Однако обнаружено, что в движении, открытом Брэдли, звезда никогда не занимает того положения, которое ей приписывает параллакс, но фактически находится на расстоянии четверти длины своего маленького круга от него.

Простое правило позволит определить положение звезды из-за аберрации. Проведите от центра эллипса радиус, параллельный направлению, в котором движется земля в рассматриваемый момент, затем конечность этого радиуса дает точку на эллипсе, где должна быть найдена звезда. Проверенный в любое время года и со всеми звездами, этот закон всегда подтверждается, и с его помощью мы приходим к истинному объяснению явления.

Мы можем сформулировать эффекты аберрации несколько иначе, что еще убедительнее покажет, как это явление связано с движением Земли по своей орбите. Поскольку Земля совершает свой ежегодный оборот вокруг Солнца, ее движение в любой момент можно рассматривать как направленное к определенной точке эклиптики. Изюм в день и даже из часа в час точка постепенно перемещается по эклиптике, чтобы завершить кругооборот за год. Однако в каждый момент времени на небесах всегда есть определенная точка, к которой направлено движение земли. Фактически, это точка на небесной сфере, к которой земля двигалась бы непрерывно, если бы в данный момент притяжение солнца могло быть уничтожено. Обнаружено, что этот момент тесно связан с феноменом аберрации. Фактически, аберрация действительно эквивалентна перемещению каждой звезды с ее среднего места к Вершине Земного Пути, как иногда называют эту точку. Наблюдением также можно показать, что величина аберрации зависит от расстояния от вершины. Звезда, случайно оказавшаяся на эклиптике, вообще не будет отклонена от своего среднего положения из-за аберрации, когда случится так, что вершина совпадет со звездой. Все звезды, расположенные на расстоянии 10° от вершины, будут смещены каждая на одинаковую величину, и все они будут направлены непосредственно к вершине. Звезда, расположенная на расстоянии 20° от вершины, претерпит большую степень смещения, хотя и в том же направлении, точно к вершине; и все звезды, находящиеся на одинаковом расстоянии, будут смещены на одинаковую величину. Исходя таким образом из апекса, мы подходим к звездам на расстоянии 90° от них. Здесь величина смещения будет максимальной. Каждая из них будет находиться примерно в двадцати секундах от своего среднего положения; но в каждом случае будет соблюдаться непреложный закон, согласно которому смещение звезды от ее среднего положения происходит в направлении вершины земного пути. Таким образом, мы дали два различных описания феномена аберрации. В первом случае мы находим удобным говорить о звезде, описывающей крошечный круговой

путь; в другом случае мы рассматривали аберрацию просто как отклонение звезды от ее среднего положения в соответствии с определенными законами. Эти описания не противоречат друг другу: фактически они геометрически эквивалентны; но последнее, скорее, более совершенное, поскольку оно полностью определяет направление и степень нарушения, вызванного аберрацией в любой конкретной звезде в любой конкретный момент.

Теперь вопрос сузился до вполне определенной формы. Что заставляет каждую звезду, по-видимому, приближаться к точке, к которой движется Земля? Ответ будет найден, когда мы проведем тщательное исследование обстоятельств, при которых мы наблюдаем звезду в телескоп.

Пучок лучей от звезды падает на объективное стекло телескопа; эти лучи параллельны, и после того, как они проходят через объективное стекло, они сходятся в фокусе у глазка прибора. Давайте сначала предположим, что телескоп находится в состоянии покоя; тогда, если телескоп будет направлен прямо на звезду, лучи сойдутся в точке в центре поля зрения, где расположена пара перекрещивающихся проводов, пересечение которых определяет ось телескопа. Ситуация, однако, изменится, если переместить телескоп после того, как свет пройдет через объектив; лучи света внутри трубки будут проходить прямой путь, как и раньше, и будут фокусироваться в той же точной точке, что и раньше. Однако, поскольку телескоп переместился, он, конечно, унес с собой пару перекрещивающихся проводов; они больше не будут находиться в той же точке, что и вначале, и, следовательно, изображение звезды теперь не будет совпадать с их пересечением.

Движение телескопа возникает из-за его связи с землей: поскольку земля движется со скоростью восемнадцать миль в секунду, телескоп неизбежно смещается с этой скоростью. Сначала может показаться, что за невероятно малую долю времени, необходимую для прохождения света от подзорной трубы к окуляру, изменение положения телескопа должно быть слишком незначительным, чтобы быть заметным. Предположим, например, что звезда расположена вблизи полюса эклиптики, тогда телескоп будет перемещаться за счет движения земли в направлении, перпендикулярном ее длине. Если длина трубки прибора составляет около двадцати футов, то можно легко продемонстрировать, что за то время, пока свет проходит по трубке, движение земли перенесет телескоп на расстояние примерно в одну сороковую дюйма. [42] Это величина, которую очень отчетливо можно измерить с помощью увеличительного стекла, и, следовательно, это изменение положения звезды очень заметно. Отсюда следует, что если мы хотим, чтобы звезда была показана в центре прибора, телескоп не должен быть направлен прямо на звезду, как это было бы, если бы земля находилась в состоянии покоя, но телескоп должен быть направлен немного впереди истинного положения звезды; и поскольку мы определяем видимое положение звезды по направлению, в котором направлен телескоп, из этого следует, что видимое положение звезды изменяется под действием движения земли.

Каждое обстоятельство изменения положения звезды допускает полное объяснение таким образом. Возьмем, к примеру, небольшой круговой путь, который, по-видимому, описывает каждая звезда. Для простоты мы будем ссылаться только на звезду на полюсе эклиптики. Предположим, что телескоп действительно направлен на место звезды, тогда, как мы показали, изображение звезды будет находиться на расстоянии одной сороковой дюйма от поперечных проводов. Это расстояние останется постоянным, но каждую ночь направление звезды от перекрещивающихся проводов будет меняться, так что в течение года она завершает круг и возвращается в свое первоначальное положение. Мы не будем продолжать расчеты относительно других звезд; здесь достаточно сказать, что движение земли было

признано достаточным для объяснения этих явлений, и, таким образом, демонстрируется доктрина абберации света.

Остается упомянуть об одном моменте, представляющем чрезвычайный интерес и важность. Мы видели, что величину абберации можно измерить с помощью астрономических наблюдений. Величина этой абберации зависит от скорости света и от скорости, с которой совершается движение земли. Мы можем измерить скорость света независимыми измерениями способом, уже объясненным в [главе XII](#). Таким образом, мы можем рассчитать, какой должна быть скорость земли, поскольку для земли существует только одна конкретная скорость, которая в сочетании с измеренной скоростью света даст измеренное значение абберации. Установив таким образом скорость движения Земли и зная продолжительность года, легко найти длину окружности земного пути и, следовательно, его радиус, то есть расстояние от земли до солнца.

Вот действительно уникальный результат, который показывает, насколько глубоко переплетены различные явления науки. Мы проводим эксперименты в нашей лаборатории и находим скорость света. Мы наблюдаем неподвижные звезды и измеряем абберацию. Мы объединяем эти результаты и выводим на их основе расстояние от земли до Солнца! Хотя этот метод определения расстояния до солнца отличается большой элегантностью и допускает определенную точность, все же на него нельзя полагаться как на совершенно безупречный метод вывода великой постоянной. Совершенный метод должен основываться на операциях простой геодезии и не должен включать в себя малозаметные физические соображения. Однако мы не можем не рассматривать открытие Брэдли абберации как самое приятное и прекрасное достижение, поскольку оно не только значительно улучшает расчеты практической астрономии, но и связывает воедино несколько физических явлений, представляющих наибольший интерес.

ГЛАВА XXVI.

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ТЕПЛА.

Тепло и астрономия—Распределение тепла—Наличие тепла на Земле—Есть в других Небесных телах—Различия температур—Закон охлаждения—Тепло от Солнца—Можно ли измерить его температуру?—Радиация, связанная с Массой Солнца —Не может ли Солнце исчерпать свои Ресурсы?—Никаких рыночных изменений не произошло —Геологические свидетельства изменений солнечного тепла сомнительны—Охлаждение Солнца—Солнце не может быть просто раскаленным твердым охлаждающим веществом—Горение не объяснит материю—Некоторое количество тепла получается от метеоритного вещества, но этого недостаточно для поддержания солнечного тепла—Сжатие нагретого газового шара—Очевидный парадокс—Доктрина энергии—Теория туманностей—Доказательства в поддержку этой теории—Звездные доказательства теории туманностей—Взгляд Гершеля на звездное скопление—Теория звездных скоплений Туманности не проявляют изменений в пределах нашего наблюдения.

То, что часть работы по астрономии носит название, помещенное в начале этой главы, возможно, покажется некоторым нашим читателям необычным, если не сказать неуместным. Можно сказать, что теплота - это не вопрос просто экспериментальной физики? и как ее можно законно ввести в трактат о небесных телах и их движении? Какой бы вес ни имели

когда-то подобные возражения, сейчас нет необходимости их рассматривать. Недавние исследования тепла показали не только то, что тепло имеет важное значение для астрономии, но и то, что оно действительно было одним из главных факторов, с помощью которых вселенная приобрела свою настоящую форму. В настоящее время ни одна работа по астрономии не может быть полной без некоторого описания замечательной связи между законами теплопроводности и астрономическими следствиями, вытекающими из этих законов.

Обсуждая движения планет и законы Кеплера, или обсуждая движения Луны, собственные движения звезд или обращения двойных звезд, мы исходим из предположения, что тела, с которыми мы имеем дело, являются твердыми частицами, и вопрос о том, горячие эти частицы или холодные, по-видимому, не имеет особого значения. Несомненно, обычные периодические явления нашей системы, такие как вращение планет в соответствии с законами Кеплера, будут наблюдаться в течение бесчисленных веков, независимо от того, горячие планеты или холодные, или от того, каким может быть тепло солнца. Следует, однако, признать, что законы теплопроводности вносят определенные изменения в формулировку этих законов. Воздействие тепла может быть не сразу ощутимым, но оно существует — оно действует постоянно; и с течением времени его становится достаточно для осуществления самых масштабных изменений во вселенной.

Давайте вкратце перечислим обстоятельства нашей системы, которые придают теплу его эффективность. Взгляните сначала на нашу землю, которая в настоящее время кажется — по крайней мере, на своей поверхности — телом, лишенным внутреннего тепла; более пристальное изучение развеет эту идею. Разве мы не знаем о явлениях вулканов, гейзеров и горячих источников, которые показывают, что внутри земли тепло должно существовать с гораздо большей интенсивностью, чем мы обнаруживаем на поверхности? Эти явления наблюдаются в самых разных регионах земли. Их происхождение, без сомнения, во многом неясно, но все же никто не может отрицать, что они указывают на обширные резервуары тепла. Действительно, может показаться, что тепло можно найти повсюду в глубоких внутренних областях земли. Если мы опустим термометр в глубокую шахту, то обнаружим, что он показывает температуру выше, чем на поверхности. Чем глубже мы спускаемся, тем выше температура; и если поддерживать ту же скорость продвижения в тех глубинах земли, куда мы не в состоянии проникнуть, то можно продемонстрировать, что на глубине двадцати или тридцати миль под поверхностью температура должна быть такой же высокой, как у раскаленного железа.

Мы находим у других небесных тел многочисленные свидетельства настоящего или прошлого существования тепла. Наша Луна, как мы уже упоминали, представляет собой очень яркий пример тела, которое, должно быть, когда-то было очень сильно нагрето. Необычные вулканы на ее поверхности не оставляют в этом никаких сомнений. Столь же верно и то, что эти вулканы молчали целую вечность, так что, каким бы ни было внутреннее состояние Луны, сейчас ее поверхность остыла. Расширяя наш обзор дальше, мы видим на больших планетах Юпитере и Сатурне свидетельства того, что они все еще обладают температурой, намного превышающей ту, которую сохранила земля; в то время как, когда мы смотрим на наше солнце, мы видим тело в состоянии яркого накала, пылающее с такой силой, с какой мы не можем сравниться даже в наших самых мощных печах. Различные неподвижные звезды являются телами, излучающими тепло, подобно нашему солнцу; в то время как в туманностях мы имеем объекты, существование которых нам едва ли понятно, если мы не допустим, что они обладают теплом.

Из этого быстрого обзора различных тел в нашей вселенной напрашивается очевидный вывод. У нас могут быть большие сомнения относительно действительной температуры любого отдельного тела в системе; но не подлежит сомнению, что существует широкий диапазон температур между различными телами. Некоторые из них более горячие, чем другие. Звезды и солнца, возможно, самые горячие из всех; но не исключено, что они могут неизмеримо превосходить числом холодные и темные тела Вселенной, которые для нас невидимы и лишь косвенно и случайно проявляют свое существование.

Закон охлаждения говорит нам, что каждое тело излучает тепло, и что количество тепла, которое оно излучает, увеличивается, когда температура тела повышается относительно окружающей среды. Этот закон кажется универсальным. Ему подчиняются на земле, и, казалось бы, ему должны в равной степени подчиняться все остальные тела в космосе. Таким образом, мы видим, что каждая из планет и каждая из звезд непрерывно изливает во всех направлениях нескончаемый поток тепла. Это излучение тепла приводит к очень важным последствиям. Давайте изучим их, например, в случае с солнцем.

Наше великое светило испускает непрерывный поток лучистого тепла во всех направлениях. Ничтожная доля этого тепла поглощается нашей землей и является, прямо или косвенно, источником всей жизни и почти всего движения на нашей земле. Чтобы излучать тепло, как это делает солнце, необходимо, чтобы его температура была чрезвычайно высокой. И есть некоторые факты, которые позволяют нам составить представление о том, какой эта температура должна быть на самом деле.

Трудно сформулировать какое-либо числовое определение фактической температуры солнца. Интенсивность этой температуры значительно превышает самый сильный искусственный нагрев, и любая попытка облечь такие оценки в цифры неизбежно является очень ненадежной. Но если предположить, что наибольшая искусственная температура составляет около 4000 ° по Фаренгейту, мы, вероятно, будем в пределах истины, если скажем, что эффективная температура солнца составляет около 14 000 ° по Фаренгейту. Это результат недавнего расследования, проведенного господами Уилсоном и Греем. По-видимому, оно имеет значительный вес.

Обильный отток тепла от солнца соответствует его огромной температуре. Мы можем выразить количество тепла различными способами, но следует помнить, что такие измерения по-прежнему сопряжены со значительной неопределенностью. В качестве иллюстрации можно использовать старый метод измерения тепла по количеству растаявшего льда. Подсчитано, что ледяной покров толщиной 43-1/2 фута, окружающий все солнце, за одну минуту был бы растоплен солнечным теплом под ним. Несколько более изящную иллюстрацию также привел сэр Джон Гершель, который показал, что если бы цилиндрический ледник диаметром 45 миль непрерывно двигался к солнцу со скоростью света, то кончик этого ледника таял бы так же быстро, как и продвигался. От каждого квадратного фута поверхности солнца выделяется такое количество тепла, какое могло бы вырабатываться при ежедневном сжигании шестнадцати тонн угля. Это действительно такое количество тепла, которое при правильном преобразовании в работу позволило бы поддерживать двигатель мощностью во много сотен лошадиных сил в рабочем состоянии от конца года до конца другого. Тепла, излучаемого несколькими акрами солнца, было бы достаточно, чтобы привести в действие все паровые машины в мире. Когда мы размышляем об огромной интенсивности излучения, исходящего от каждого квадратного фута поверхности солнца, и когда мы объединяем с этим колоссальные размеры солнца, воображение не в состоянии представить, насколько огромным должен быть фактический расход тепла.

Учитывая расточительное расходование солнечного тепла, мы испытываем искушение задать вопрос, представляющий самый насущный интерес для земли и ее обитателей. Час за часом мы живем благодаря великолепной щедрости солнца, и поэтому для нас важно знать, насколько мы уверены в продолжении его милостей. Когда мы становимся свидетелями потрясающего ежечасного расходования солнечного тепла, мы вынуждены задаться вопросом, не истощает ли наше великое светило свои ресурсы; и если да, то каковы перспективы на будущее? На этот вопрос мы можем частично ответить. Тема в целом действительно представляет исключительный интерес и благоухает духом современной научной мысли.

Наша первая попытка изучить этот вопрос должна заключаться в обращении к фактам, которые достижимы. Мы хотим знать, проявляет ли солнце какие-либо симптомы распада. Такие ли теплые и ясные дни сейчас, какими они были в прошлом году, десять лет назад, сто лет назад? Мы не можем найти никаких свидетельств каких-либо изменений с момента появления достоверных записей. Если бы солнечное тепло заметно изменилось за последние две тысячи лет, мы должны были бы ожидать соответствующих изменений в распределении растений и животных; но таких изменений обнаружено не было. Нет никаких оснований думать, что климат древней Греции или древнего Рима заметно отличался от климата Греции и Рима, которые мы знаем сегодня. Виноградная лоза и олива растут сейчас там, где они росли две тысячи лет назад.

Мы не должны, однако, придавать слишком большое значение этому аргументу, поскольку воздействие незначительных изменений солнечного тепла могло быть нейтрализовано соответствующими приспособлениями гибких организмов культурных растений. Все, что мы можем с уверенностью заключить, - это то, что за историческое время не произошло никаких заметных изменений в солнечном тепле. Но когда мы оглядываемся назад, на гораздо более ранние эпохи, мы находим многочисленные свидетельства того, что земля претерпела значительные изменения в климате. Геологические записи по этому вопросу вряд ли могут быть неверно истолкованы. Тем не менее любопытно отметить, что эти изменения вряд ли таковы, какие могли бы возникнуть в результате постепенного истощения солнечной радиации. Несомненно, в очень ранние времена у нас есть свидетельства того, что климат земли, должно быть, был намного теплее, чем сейчас. У нас был великий каменноугольный период, когда температура в арктических широтах, должно быть, была почти тропической. И все же вряд ли возможно ссылаться на это как на свидетельство того, что солнце тогда было намного мощнее; поскольку нам сразу вспоминается ледниковый период, когда наши умеренные зоны были покрыты сплошными льдами, как сейчас Северная Гренландия. Если мы предположим, что солнце было более горячим, чем сейчас, чтобы объяснить растительность, которая производила уголь, тогда мы должны предположить, что солнце было более холодным, чем сейчас, чтобы объяснить ледниковый период. Неразумно приписывать такие явления колебаниям солнечной радиации. Ледниковые периоды доказывают, что мы не можем апеллировать к геологии в поддержку доктрины о том, что сейчас происходит длительное похолодание солнца. Геологические колебания климата могли быть вызваны изменениями в самой земле или изменениями ее фактической орбиты; но какими бы ни были их причины, они вряд ли что-то говорят нам о прошлой истории нашего солнца.

Солнечное тепло сохраняется бесчисленные века, и все же мы не можем приписать солнцу способность действительно создавать тепло. Мы должны применить к огромной массе Солнца те же законы, которые мы обнаружили в ходе наших экспериментов на Земле. Мы

должны спросить, откуда берется тепло, достаточное для обеспечения этого щедрого излучения? Давайте вкратце перечислим различные высказанные предположения.

Поставьте рядом два раскаленных железных шара, большой и маленький. Они были взяты из одного и того же огня; они оба были одинаково горячими; они оба остывают, но маленький шарик остывает быстрее. Он быстро темнеет, в то время как большая сфера все еще светится, и будет продолжать светиться в течение нескольких минут. Чем больше сфера, тем больше времени потребуется на охлаждение; и поэтому предполагалось, что могучая сфера огромных размеров, как наше солнце, будучи однажды нагретой, постепенно остывала бы, но продолжительность охлаждения была бы настолько продолжительной, что в течение тысяч и миллионов лет она могла бы оставаться источником света и тепла для вращающейся системы планет. Это предположение не выдерживает арифметической проверки. Если бы у солнца не было источника тепла, кроме того, на который указывает его высокая температура, мы могли бы показать, что излучение охлаждало бы солнце на несколько градусов каждый год. Тогда через две тысячи лет произошло бы очень значительное уменьшение солнечного тепла. Мы уверены, что такого уменьшения не могло быть. Источник солнечного излучения не может быть найден в простом охлаждении раскаленной массы.

Можно ли поддерживать огонь на солнце за счет горения, аналогичного тому, которое происходит в наших печах? Здесь мы, по-видимому, имеем дело с источником гигантского тепла; но арифметика также опровергает это предположение. Мы знаем, что если бы солнце состояло даже из самого твердого угля и если бы этот уголь горел в чистом кислороде, то тепла, которое могло бы быть произведено, хватило бы только на 6000 лет. Если бы солнце, освещавшее строителей великой пирамиды, было сплошным углем от поверхности до центра, то к этому времени оно должно было бы в значительной степени сгорать в попытках сохранить свой нынешний уровень расхода. Таким образом, мы вынуждены искать другие источники получения солнечного тепла, поскольку ни тепла накаливания, ни тепла сгорания будет недостаточно.

Вероятно, существует — более того, мы можем сказать определенно — один внешний источник, из которого извлекается солнечное тепло. Нам необходимо будет рассмотреть этот источник с некоторой осторожностью, хотя я думаю, мы обнаружим, что он является всего лишь вспомогательным средством, имеющим сравнительно незначительное значение. Согласно этой точке зрения, солнечное тепло время от времени усиливается в результате падения на поверхность солнца масс метеоритного вещества. Едва ли может быть сомнение в том, что такие массы действительно падают на солнце; конечно, нет сомнений в том, что если они падают, то солнце должно при этом получить некоторое количество тепла. У нас на земле есть опыт очень интересного рода, который иллюстрирует выделение тепла метеоритным веществом. В падающей звезде заключен целый философский мир. Некоторые из этих мириад объектов врываются в нашу атмосферу и теряются; другие, без сомнения, устремляются к солнцу с тем же результатом. Мы также допускаем, что падение падающей звезды в атмосферу Солнца должно сопровождаться вспышкой света и тепла. Тепло, получаемое землей от вспышки падающих звезд в нашем воздухе, совершенно неощутимо. Предполагалось, однако, что тепло, получаемое солнцем по той же причине, может быть вполне ощутимым — более того, предполагалось даже, что солнце может восстанавливать энергию из этого источника.

Здесь, опять же, мы должны применить холодные принципы мер и весов, чтобы оценить правдоподобность этого предположения. Сначала мы рассчитаем фактический вес метеоритного потока, падающего на солнце, которого было бы достаточно для поддержания солнечного пламени при его нынешней силе. Масса вещества, которая потребовалась бы,

настолько огромна, что мы не можем с пользой выразить ее в имперских весах; мы должны иметь дело с массами внушительной величины. К счастью, так получилось, что вес нашей Луны является удобной единицей измерения. Представьте себе, что наша луна — огромный шар диаметром 2000 миль — была раздроблена на мириады осколков, и что этим осколкам было позволено пролиться дождем на солнце; не может быть никаких сомнений в том, что этот мощный метеоритный дождь отдал бы солнцу гораздо больше тепла, чем потребовалось бы для обеспечения его излучения в течение целого года. Если мы возьмем саму нашу землю, представим ее измельченной в пыль и позволим этой пыли обрушиться на солнце в виде мощного ливня, каждый фрагмент мгновенно выделит определенное количество тепла, а целое добавит солнцу запас тепла, достаточный для поддержания нынешнего уровня радиации в течение почти ста лет. Огромная масса Юпитера, обработанная таким же образом, вызвала бы метеоритное явление, большее в соотношении, в котором масса Юпитера превышает массу Земли. Если бы Юпитер упал на солнце, при этом было бы произведено достаточно тепла, чтобы опалить всю солнечную систему; в то время как все планеты вместе были бы способны производить тепло, которое при надлежащей экономии обеспечивало бы солнечное излучение в течение 45 000 лет.

Следует помнить, что, хотя Луна может обеспечить теплом один год, а Юпитер - 30 000 лет, практический вопрос заключается не в том, может ли солнечная система обеспечить солнечное тепло, а в том, обеспечивает ли она это. Вероятно ли, что метеоры, равные по массе Луне, падают на солнце каждый год? Это реальный вопрос, и я думаю, что мы обязаны ответить на него отрицательно. Можно показать, что количество метеоров, которые могут быть пойманы солнцем за любой год, может составлять лишь чрезвычайно малую долю от общего количества. Таким образом, если бы каждый год фиксировалось количество метеоров массой с луну, то по системе должна была бы свободно перемещаться невероятная масса метеоритного вещества. Метеоритов должно быть так много, что земля постоянно подвергалась бы их бомбардировке и нагревалась бы до такой степени, что стала бы непригодной для жизни. Существуют и другие причины, которые исключают предположение о существовании огромного количества метеоритного вещества в окрестностях Солнца. Такое вещество оказало бы заметное влияние на движение планеты Меркурий. Несомненно, существуют некоторые нерегулярности в движении Меркурия, которые еще не до конца объяснены, но эти нерегулярности намного меньше, чем имели бы место, если бы метеоритное вещество существовало в количестве, достаточном для поддержания жизнедеятельности солнца. Таким образом, астрономы полагают, что, хотя метеориты могут способствовать текущим расходам солнца, все же большая часть этих расходов должна покрываться за счет других ресурсов.

Одно из достижений современной науки — добиться решения проблемы - показать, как получается, что, несмотря на колоссальную радиацию, солнце все еще поддерживает свою температуру. Этот вопрос не лишен трудностей в своем изложении, но он настолько важен, что мы вынуждены предпринять попытку.

Давайте представим себе огромный шар из нагретого газа в космосе. Это не совсем беспочвенное предположение, поскольку, по-видимому, существуют шары такого характера; на них уже ссылались как на планетарные туманности. Этот шар будет излучать тепло, и мы предположим, что он излучает больше тепла, чем получает от излучения других тел. Соответственно, земной шар будет терять тепло или что-то эквивалентное ему, но было бы неверно предполагать, что температура земного шара обязательно понизится. То, что на самом деле имеет место обратное, является результатом, почти парадоксальным на первый взгляд; но все же можно показать, что это необходимое следствие законов теплоты и газов.

Давайте сосредоточим наше внимание на части газа, лежащей на поверхности земного шара. Это, конечно, притягивается всей остальной частью земного шара и, таким образом, стремится к центру земного шара. Если сохраняется равновесие, эта тенденция должна быть нейтрализована давлением газа внизу; так что чем больше гравитация, тем больше давление. Когда газовый шар теряет тепло из-за излучения, давайте предположим, что он становится холоднее — что его температура соответственно падает; тогда, поскольку давление газа уменьшается с падением температуры, давление под поверхностным слоем газа будет уменьшаться, в то время как гравитация остается неизменной. Следствием этого неизбежно будет то, что теперь гравитация победит давление, и газовый шар, соответственно, сожмется. Однако есть и другой способ взглянуть на этот вопрос. Мы знаем, что тепло эквивалентно энергии, поэтому, когда земной шар излучает тепло, он должен расходовать энергию. Часть энергии земного шара будет обусловлена его температурой; но другая, и в некоторых отношениях более важная, часть обусловлена разделением его частиц. Если мы позволим частицам сблизиться друг с другом, мы уменьшим энергию из-за разделения, и высвобожденная таким образом энергия может принять форму тепла. Но это стягивание частиц неизбежно влечет за собой сжатие земного шара.

А теперь перейдем к замечательному следствию, которое, по-видимому, имеет очень важное применение в астрономии. Когда земной шар сжимается, часть его энергии разделения превращается в тепло; это тепло частично излучается, но не так быстро, как это происходит при сжатии. Следствием этого является то, что, хотя земной шар действительно теряет тепло и действительно сжимается, все же его температура на самом деле повышается. [43] Простого случая будет достаточно, чтобы продемонстрировать этот результат, каким бы парадоксальным он ни казался на первый взгляд. Предположим, что в результате сжатия сферы она уменьшилась до половины своего диаметра; и давайте сосредоточим наше внимание на кубическом дюйме газообразного вещества в любой точке массы. После того, как произойдет сжатие, каждое ребро куба уменьшится до половины дюйма, и, следовательно, объем уменьшится до одной восьмой части от его первоначального объема. Закон газов говорит нам, что при неизменной температуре давление изменяется обратно пропорционально объему, и, следовательно, внутреннее давление в кубе в этом случае увеличилось бы в восемь раз. Поскольку, однако, в рассматриваемом нами случае расстояние между каждыми двумя частицами сокращается до половины, из этого следует, что притяжение между каждыми двумя частицами увеличивается вчетверо, а поскольку площадь также уменьшается до одной четвертой, из этого следует, что давление внутри уменьшенного куба увеличивается в шестнадцать раз; но мы уже видели, что при постоянной температуре оно увеличивается только в восемь раз, и, следовательно, температура не может быть постоянной, а должна повышаться при сжатии.

Таким образом, мы имеем несколько удивительный результат: газообразный шар в космосе, излучающий тепло и, следовательно, становящийся все меньше, на самом деле постоянно повышает температуру. Но, можно сказать, конечно, это не может продолжаться вечно. Должны ли мы предположить, что газообразная масса будет сжиматься и разжиматься при все более высокой температуре и фактически излучать все больше и больше тепла, чем больше она теряет? Где же предел такой перспективы? По мере сжатия тела его плотность должна увеличиваться до тех пор, пока оно не станет либо жидким, либо твердым, или, во всяком случае, до тех пор, пока оно не перестанет подчиняться законам чисто газообразного тела, которые мы предполагали. Как только эти законы перестают соблюдаться, аргумент

исчезает; тогда потеря тепла действительно может сопровождаться потерей температуры, пока с течением времени температура тела не опустится до температуры самого пространства.

Не предполагается, что это рассуждение может быть применено во всей его полноте к нынешнему состоянию солнца. Плотность солнца сейчас настолько велика, что законы распределения газов там не могут строго соблюдаться. Однако есть веские основания полагать, что когда-то солнце было более газообразным, чем сейчас; возможно, когда-то оно было достаточно газообразным, чтобы признать это рассуждение во всей его полноте. В настоящее время солнце, по-видимому, находится на какой-то промежуточной стадии своего перехода из газообразного состояния в твердое. Следовательно, мы не можем сказать, что температура солнца сейчас повышается в соответствии с процессом сжатия. Это может быть правдой, а может и не быть правдой; у нас нет средств решить этот вопрос. Однако мы можем быть уверены, что солнце все еще достаточно газообразно, чтобы в какой-то степени испытывать повышение температуры, связанное с сокращением. Это повышение температуры может быть частично или полностью скрыто понижением температуры, которое было бы более очевидным следствием излучения тепла частично твердым телом. Однако станет очевидным, что охлаждение солнца может быть чрезвычайно длительным, если понижение температуры по одной причине будет почти компенсировано повышением температуры по другой. Едва ли можно сомневаться, что в этом мы находим реальное объяснение тому факту, что у нас нет исторических свидетельств о каких-либо заметных изменениях в излучении тепла солнцем.

Этот вопрос представляет такой интерес, что, возможно, стоит взглянуть на него с несколько иной точки зрения. Солнце содержит определенный запас энергии, часть которой постоянно исчезает в виде лучистого тепла. Энергия, остающаяся на солнце, частично трансформируется по своему характеру; часть ее преобразуется в тепло, которое полностью или частично компенсирует потери в результате излучения. Однако общая энергия солнца должна уменьшаться; и, следовательно, казалось бы, солнце должно в тот или иной момент исчерпать свою энергию и перестать быть источником света и тепла. Это правда, что скорость, с которой солнце сжимается, очень медленная. Мы, действительно, не в состоянии с уверенностью измерить уменьшение массы Солнца. Это величина настолько незначительная, что сокращение с момента зарождения точной астрономии недостаточно велико, чтобы быть заметным в наши телескопы. Однако можно вычислить, каким должно быть сжатие массы Солнца, исходя из предположения, что энергии, теряемой в результате этого сжатия, как раз достаточно для обеспечения ежедневного теплового излучения. Изменение очень небольшое, если учесть нынешний размер солнца. В настоящее время диаметр солнца составляет около 860 000 миль. Если каждый год этот диаметр уменьшается примерно на 300 футов, будет выделяться достаточно энергии для учета всего излучения. Это постепенное уменьшение происходит постоянно.

Эти соображения представляют значительный интерес, когда мы применяем их ретроспективно. Если верно, что солнце в данный момент уменьшается, то в прошлые времена его шар, должно быть, был больше, чем сейчас. Исходя из уже приведенных цифр, следует, что сто лет назад диаметр солнца должен был быть почти на шесть миль больше, чем сейчас; тысячу лет назад диаметр был на пятьдесят семь миль больше; десять тысяч лет назад диаметр солнца был на пятьсот семьдесят миль больше, чем сегодня. Когда человек впервые ступил на эту землю, могло показаться, что солнце должно было быть на много сотен, возможно, на много тысяч миль больше, чем сейчас.

Однако мы не должны переоценивать значение этого утверждения. Диаметр солнца настолько велик, что уменьшение на 10 000 миль составило бы лишь немногим более сотой части его диаметра. Если бы она внезапно сократилась на 10 000 миль, это изменение было бы незаметно для обычного наблюдения, хотя гораздо меньшее изменение не ускользнуло бы от тонких астрономических измерений. Из этого не обязательно следует, что климат на нашей земле в те ранние времена должен был сильно отличаться от того, который мы наблюдаем в наши дни, поскольку вопрос климата зависит от других факторов, помимо солнечных лучей.

Однако нам не нужно резко останавливать наш взгляд на какой-либо эпохе, какой бы отдаленной она ни была. Мы можем возвращаться все раньше и раньше, через долгие века, которые геологи называют отложением слоистых пород; и возвращаться еще дальше, к тем самым самым ранним эпохам, когда на земле зарождалась жизнь. И все же мы не можем найти причин предполагать, что закон уменьшения тепла солнца не соблюдается; и, таким образом, наши нынешние знания, по-видимому, обязывают нас предполагать, что солнце становится все больше и больше по мере того, как расширяется наш ретроспективный обзор. Мы не можем предполагать, что темпы этого роста всегда одинаковы. Такого допущения не требуется; для нашей цели достаточно того, что мы обнаруживаем, что солнце становится все больше и больше по мере того, как мы всматриваемся в далекую бездну прошлого. Если нынешний порядок вещей в нашей вселенной просуществовал достаточно долго, то, по-видимому, было время, когда солнце должно было быть в два раза больше, чем сейчас; когда-то оно должно было быть в десять раз больше. Как давно это было, никто не может сказать. Но мы не можем остановиться на стадии, когда солнце было даже в десять раз больше, чем сейчас; аргументы все еще будут применимы в более ранние эпохи. Мы видим, как солнце все увеличивается и увеличивается с соответствующим уменьшением его плотности, пока, наконец, не обнаруживаем вместо нашего солнца, каким мы его знаем, могучую туманность, заполняющую гигантскую область космоса.

Таково, по сути, учение о происхождении нашей системы, выдвинутое в рамках знаменитого рассуждения, известного как теория туманностей Лапласа. И это никогда не может быть чем-то большим, чем предположение; это не может быть установлено наблюдением или доказано расчетами. Это всего лишь предположение, более или менее правдоподобное, но, возможно, в какой-то степени обязательно верное, если наши нынешние законы о теплоте, как мы их понимаем, допускают крайнее применение, которое здесь требуется, и если также нынешний порядок вещей царил в течение достаточно времени без вмешательства какого-либо неизвестного нам в настоящее время влияния. Эта теория туманностей не ограничивается историей нашего солнца. Точно такие же рассуждения можно распространить и на отдельные планеты: чем дальше мы оглядываемся назад, тем горячее становится вся система. Считалось, что если бы мы могли заглянуть достаточно далеко назад, то увидели бы, что земля слишком горячая для жизни; еще дальше назад мы обнаружили бы, что земля и все планеты раскалены докрасна; и еще дальше назад, в чрезвычайно отдаленную эпоху, когда планеты были бы нагреты так же сильно, как сейчас наше солнце. Считается, что на еще более ранней стадии вся солнечная система представляла собой одну огромную массу светящегося газа, из которого постепенно развились нынешние формы солнца с планетами и их спутниками. Мы не можем быть уверены, что ход событий был таким, как здесь указано; но есть достаточные основания полагать, что эта доктрина в значительной степени отражает то, что произошло на самом деле.

Многие особенности солнечной системы согласуются с предположением о том, что происхождение системы вытекает из теории туманностей. В одной из предыдущих глав у нас уже была возможность упомянуть о том факте, что все планеты совершают свои обращения вокруг Солнца в одном и том же направлении. Следует также отметить, что вращение планет вокруг своих осей, а также движение спутников вокруг своих основных звездных систем подчиняются одному и тому же закону, за двумя небольшими исключениями в случае систем Урана и Нептуна. Столь замечательное совпадение, естественно, наводит на мысль о необходимости какого-либо физического объяснения. Такое объяснение предлагает теория туманностей. Предположим, что бесчисленные века назад огромная туманность медленно вращалась и медленно сжималась. В процессе сжатия части конденсированного вещества туманности остались бы позади. Эти части все еще вращались бы вокруг центральной массы, и каждая часть вращалась бы вокруг своей оси в том же направлении. По мере продолжения процесса сжатия из динамических принципов следовало бы, что скорость вращения будет увеличиваться; и, таким образом, в конце концов эти части объединились бы в планеты, в то время как центральная масса постепенно сжималась бы, образуя солнце. С помощью аналогичного процесса, но в меньшем масштабе, системы спутников были выделены из основного контрактного устройства. Эти спутники также вращались бы в одном направлении, и таким образом можно было бы учесть характерные особенности солнечной системы.

Туманное происхождение Солнечной системы получает значительную поддержку при изучении звездного неба. Мы уже останавливались на сходстве между солнцем и звездами. Если, таким образом, наше солнце претерпело такие изменения, каких требует теория туманностей, не можем ли мы ожидать, что аналогичные явления должны наблюдаться и у других звезд? Если это так, то разумно предположить, что эволюция некоторых звезд, возможно, продвинулась не так далеко, как эволюция солнца, и, таким образом, мы, возможно, действительно сможем наблюдать звезды на более ранних стадиях их развития. Давайте посмотрим, насколько далеко телескоп реагирует на эти ожидания.

В поле зрения большого телескопа обычно видно несколько звезд, рассеянных по черному фону неба; но чернота фона неоднородна: опытный глаз опытного наблюдателя обнаружит в некоторых частях неба слабое свечение. Иногда это будет видно по всей площади поля или может даже занимать несколько полей. Могут проходить годы, а заметных изменений по-прежнему не происходит. Иллюзии быть не может, и напрашивается неотразимый вывод, что объект представляет собой огромную массу слабо светящегося газа или пара. Это простейший тип туманности; он характеризуется крайней тусклостью и, по-видимому, состоит из материи предельно разреженной. С другой стороны, иногда мы сталкиваемся с прекрасным и поразительным явлением определенной и яркой звезды, окруженной светящейся атмосферой. Между этими двумя крайними типами слабой рассеянной массы, с одной стороны, и яркой звездой с окружающей ее туманностью, с другой, может быть расположен постепенный ряд различных других туманностей. Таким образом, мы имеем ряд звеньев, переходящих по незаметным грациям от наиболее слабо рассеянных туманностей, с одной стороны, к звездам, с другой.

Туманности казались Гершелю огромными массами фосфоресцирующего пара. Этот пар постепенно остывает и в конечном итоге конденсируется в звезду или скопление звезд. Когда были классифицированы различные формы туманностей, казалось, что можно было фактически наблюдать различные связи в этом процессе. В обширных тусклых туманностях процесс конденсации только начался; в более мелких и ярких туманностях конденсация

продвинулась дальше; в то время как в других звезда или звезды, возникшие в результате конденсации, уже стали видны.

Но, могут спросить, как Гершель узнал об этом? каковы его доказательства? Давайте ответим на этот вопрос иллюстрацией. Пойдите в лес и посмотрите на благородный старый дуб, который веками выдерживал бури; сомневаемся ли мы в том, что дуб когда-то был молодым маленьким растением и что он рос стадия за стадией, пока не достиг зрелости? И все же никто никогда не следовал за дубом через все его различные стадии; короткий отрезок человеческой жизни был недостаточен для этого. Причина, по которой мы считаем, что дуб прошел все эти стадии, заключается в том, что мы знакомы с дубами всех степеней размера, от саженца до благородного ветерана. Увидев эту градацию на огромном множестве деревьев, мы убедились, что каждый индивид проходит через все эти стадии.

Именно подобный ход рассуждений привел Гершеля к принятию взгляда на происхождение звезд, который мы попытались описать. Жизнь астронома недостаточно долгая, жизнь человеческой расы, возможно, недостаточно долгая, чтобы наблюдать за процессом, посредством которого туманность конденсируется, образуя твердое тело. Но, рассматривая одну туманность за другой, астроном думает, что он способен обнаружить различные стадии, которые соединяют туманность в ее первоначальном виде с окончательной формой. Таким образом, он пришел к убеждению, что каждая из туманностей проходит, в ходе веков, через эти стадии. Таким образом, Гершель пришел к мнению, что звезды — некоторые, многие или все — возникли из того, что когда-то было светящейся туманностью.

Такое предположение может поразить воображение, но его следует тщательно отличать от истин астрономии, так называемой в собственном смысле этого слова. Отдаленные потомки, возможно, получают свидетельства по предмету, который нам недоступен: наши знания о туманностях слишком свежи. Пока еще не было достаточно времени, чтобы обнаружить какие-либо заметные изменения, поскольку об изучении туманностей можно судить только по КATALOGУ Мессье 1771 года.

Со времен Гершеля, без сомнения, было получено много тщательных рисунков и наблюдений туманностей; но все же промежуток времени был слишком коротким, а более ранние наблюдения слишком несовершенными, чтобы можно было исследовать любые изменения в туманностях с достаточной точностью. Если человеческая раса просуществует очень много веков и если наши нынешние наблюдения будут сохранены в течение этого времени для сравнения, то теория Гершеля, возможно, будет удовлетворительно проверена.

Прошло сто лет с тех пор, как Лаплас с некоторой неуверенностью выдвинул свою гипотезу относительно способа образования Солнечной системы. В целом следует сказать, что эта "небулярная гипотеза" хорошо выдержала проверку развивающейся наукой, хотя некоторые незначительные модификации стали необходимыми в свете более недавних открытий. Лаплас (и Гершель также), по-видимому, считал, что примитивная туманность состоит из "огненного тумана" или светящегося газа с очень высокой температурой. Но в этом нет никакой необходимости, поскольку мы видели, что постепенное сжатие огромной массы дает энергию, которая может быть преобразована в тепло, а спектроскопические данные, по-видимому, также указывают на существование умеренной температуры в газовых туманностях, которые следует рассматривать как представителей гипотетического первобытного хаоса, из которого произошли наше солнце и планеты. Еще один момент, который был пересмотрен, - это формирование различных планет. Ранее считалось, что вращение первоначальной массы постепенно привело к тому, что от центральной части

отделилось несколько колец разных размеров, материал которых со временем собрался в отдельные планеты. Кольцо Сатурна считалось доказательством этого процесса, поскольку здесь мы имеем кольцо, конденсация которого в один или несколько спутников каким-то образом была остановлена. Но хотя не исключено, что вещество в форме колец могло остаться во время сжатия массы туманности (действительно, малые планеты между Марсом и Юпитером, возможно, возникли таким образом), представляется вероятным, что более крупные планеты образовались из скопления вещества в точке на экваторе вращающейся туманности.

Фактические этапы процесса, посредством которого первичная туманность превратилась в солнечную систему, по-видимому, лежат за пределами досягаемости исследователей.

ГЛАВА XXVII.

ПРИЛИВЫ И ОТЛИВЫ. [44]

Математическая астрономия—Теории Лагранжа: насколько они на самом деле верны—Солнечная система не состоит из твердых тел—Законы Кеплера верны для наблюдений, но не абсолютно верны, когда Тела не являются жесткими—Ошибки наблюдений—Приливы—Как наблюдались приливы—Открытие связи между приливами и Луной—Солнечные и лунные приливы—Работа, выполняемая приливами—Откуда приливы получают силу для выполнения работы?—Приливы увеличивают продолжительность дня—Ограничение краткости дня—Ранняя история земли Система Земля-Луна—Неустойчивое равновесие—Соотношение месяца и суток—Будущий курс Системы—Равенство месяца и суток—Будущая критическая эпоха—Учтен постоянный лик Луны—Обратная сторона Луны—Спутники Марса—Их замечательные движения—Оказали ли приливы влияние на формирование Солнечной системы в целом?—Момент импульса—Приливы оказали незначительное влияние или вообще не оказали заметного влияния на орбиту Юпитера—Заключение.

То, что великие открытия Лагранжа относительно стабильности планетной системы верны, в каком-то смысле строго верно. Никто никогда не осмеливался оспаривать математику Лагранжа. Дана планетная система в той форме, которую принял Лагранж, и стабильность этой системы гарантирована на все времена. Однако есть одно предположение, которое делает Лагранж и на котором основана вся его теория: он предполагает, что планеты являются *твердыми* телами.

Несомненно, наша земля кажется твердым телом. Что может быть более твердым и неподатливым, чем масса горных пород и металлов, из которых состоит земля, насколько это доступно нам? В обширных областях космоса земля представляет собой всего лишь частицу; несомненно, было естественным и законным предположением предположить, что эта частица является твердым телом. Если бы земля была абсолютно твердой — если бы каждая частица земли находилась на абсолютно фиксированном расстоянии от любой другой частицы — если бы ни при каких воздействиях сил и ни при каких мыслимых обстоятельствах земля не испытывала даже малейшего изменения формы — если бы то же самое можно было сказать о солнце и всех других планетах — тогда предсказание Лагранжа о вечной продолжительности существования нашей системы должно было бы сбыться.

Но каковы факты? Действительно ли земля твердая? Из эксперимента мы знаем, что твердого тела в математическом смысле этого слова не существует. Горные породы не являются твердыми; сталь не является твердой; даже алмаз не является абсолютно твердым. Вся земля далека от твердости даже на поверхности, в то время как часть внутренних слоев все еще, возможно, более или менее подвижна. Землю нельзя назвать абсолютно твердым телом; еще меньше можно назвать твердыми более крупные тела нашей системы. Юпитер и Сатурн, пожалуй, даже вряд ли можно назвать твердыми телами. Солнечная система Лагранжа состояла из твердого солнца и ряда крошечных жестких планет; настоящая солнечная система состоит из солнца, которое ни в коем случае не является жестким, и планет, которые являются таковыми лишь частично.

Тогда возникает вопрос, применимы ли открытия великих математиков прошлого столетия не только к идеальной солнечной системе, которую они задумали, но и к реальной солнечной системе, в которой выпал наш жребий. Не может быть никаких сомнений в том, что эти открытия приблизительно верны: они действительно настолько близки к абсолютной истине, что наблюдения пока удовлетворительно не показали какого-либо отклонения от них.

Но при нынешнем состоянии науки мы больше не можем упускать из виду важные вопросы, которые возникают, когда мы имеем дело с телами, не являющимися жесткими в математическом смысле этого слова. Давайте, например, возьмем простейший из законов, на которые мы ссылались, великий закон Кеплера, который утверждает, что планета будет вечно вращаться по эллиптической траектории, одним из фокусов которой является солнце. Считается, что это подтверждается фактическим наблюдением; действительно, это было установлено наблюдением до того, как было предложено какое-либо теоретическое объяснение этого движения. Если, однако, мы сформулируем вопрос с немного большей точностью, мы обнаружим, что Ньютон действительно продемонстрировал, что если две *твердые* частицы притягиваются друг к другу по закону силы, который изменяется с обратным квадратом расстояния между частицами, то каждая из частиц будет описывать эллипс с общим центром тяжести в фокусе. Земля в некоторой степени неподвижна, и поэтому было естественно предположить, что относительное поведение земли и солнца в соответствующей степени соответствовало бы простому эллиптическому закону Кеплера; на самом деле, они действительно соблюдают его с такой точностью, что, если мы примем во внимание другие причины возмущения, мы не сможем, даже при самом тщательном наблюдении, обнаружить малейшее изменение в движении земли, возникающее из-за отсутствия у нее жесткости.

Однако в математических исследованиях есть тонкость, которая, во всяком случае, в данном случае, выходит за рамки самых тонких наблюдений, которые позволяют нам делать наши приборы. Принципы математики говорят нам, что, хотя законы Кеплера могут быть верны для тел, которые являются абсолютно математически жесткими, все же, если солнце или планеты полностью или даже в их мельчайшей части лишены совершенной жесткости, тогда законы Кеплера больше не могут быть верными. Не кажется ли вам, что мы здесь сталкиваемся с противоречием? Наблюдение говорит нам, что законы Кеплера справедливы для планетной системы; теория говорит нам, что эти законы не могут быть справедливы для планетной системы, потому что тела в этой системе не являются абсолютно жесткими. Как устранить это несоответствие? Или оно действительно есть вообще? Его нет. Когда мы говорим, что истинность законов Кеплера была доказана наблюдением, мы должны поразмыслить о природе доступных доказательств. Мы наблюдаем расположение планет с помощью приборов в наших обсерваториях; эти положения измеряются с помощью наших часов и градуированных кругов на приборах. Эти наблюдения, без сомнения, удивительно

точные; но они не обладают и не могут обладать абсолютной точностью в математическом смысле этого слова. Мы можем, например, определить местоположение планеты с такой точностью, что, безусловно, не ошибемся ни на одну дуговую секунду; а одна секунда - это чрезвычайно малая величина. Линейка, размещенная на расстоянии около сорока миль, уменьшает угол в секунду, и это, несомненно, тонкое достижение - измерить положение планеты и быть уверенным, что никакая ошибка, превышающая эту, не могла повлиять на наш результат.

Когда мы сравниваем результаты наблюдений с расчетами, проведенными в предположении об истинности законов Кеплера, и когда мы заявляем о согласии наблюдений с расчетами, всегда есть ссылка, более или менее явная, на неизбежные ошибки наблюдений. Если расчеты и наблюдения согласуются настолько близко, что различия между ними достаточно малы, чтобы возникнуть из-за ошибок, неотделимых от наблюдений, тогда мы удовлетворены этим соответствием; ибо, на самом деле, никакое более близкое согласие не достижимо и даже не мыслимо. Влияние, которое недостаток жесткости оказывает на выполнение законов Кеплера, можно оценить с помощью расчетов; как и следовало ожидать, оно оказывается чрезвычайно малым — фактически настолько малым, что укладывается в тот небольшой предел погрешности, на который могут повлиять наблюдения. Таким образом, мы не можем различить с помощью реальных измерений эффекты из-за отсутствия жесткости; они неразрывно скрыты среди небольших ошибок наблюдения.

Аргумент, на котором мы должны основывать наши исследования, на самом деле основан на очень знакомом явлении. Нет никого, кто когда-либо бывал на берегу моря, кто не был бы знаком с тем приливом и отливом, которые мы называем приливом. Дважды в сутки море набегаёт на пляж, вызывая прилив; дважды в день море снова отступает, вызывая отлив. Эти приливы не ограничиваются только побережьями; они проникают на многие мили вверх по течению рек; они периодически затопляют большие устья рек. В морской стране приливы и отливы имеют самое глубокое практическое значение; они также обладают значением гораздо менее очевидного характера, исследовать которое сейчас и является нашей целью.

Эти ежедневные колебания океана давно перестали быть загадкой. В древности считалось, что между приливами и отливами и Луной существует связь. Древние писатели, такие как Плиний и Аристотель, упоминали о союзе между периодами половодья и эпохой Луны. Я думаю, что иногда мы не отдаем древним астрономам того должного, на что действительно дает им право их проницательность. Все мы читали — нас всех учили, — что луна и приливы связаны друг с другом; но многие ли из нас в состоянии сказать, что действительно заметили эту связь путем прямого личного наблюдения? Первый человек, который изучил этот вопрос с достаточным вниманием, чтобы убедить себя и других в его реальности, должно быть, был великим философом. Мы не знаем его имени, мы не знаем его нации, мы не знаем эпоху, в которую он жил; но наше восхищение его открытием должно быть увеличено размышлением о том, что он не руководствовался теорией тяготения. Современный философ, никогда не видевший моря, все еще мог предсказать необходимость приливов как следствие закона всемирного тяготения; но первобытный астроном, не знавший о невидимой связи, посредством которой все тела во вселенной притягиваются друг к другу, сделал великопное — по сути, типичное — индуктивное открытие, когда установил связь между Луной и приливами.

Мы можем предположить, что это открытие, по всей вероятности, впервые было сделано в результате наблюдений опытных мореплавателей. Во всех вопросах входа в порт или выхода

из порта состояние прилива имеет первостепенное значение для моряка. Даже в открытом море ему иногда приходится прокладывать свой курс в соответствии с течениями, создаваемыми приливами; или, прокладывая свой курс путем проведения зондирования, он всегда должен иметь в виду, что глубина меняется в зависимости от прилива. Таким образом, все вопросы, связанные с приливом, будут находиться под его ежедневным наблюдением. Его повседневная работа, успех его занятия, безопасность его жизни часто зависят от приливов и отливов; и поэтому он был бы заинтересован в том, чтобы извлечь из своих наблюдений все, что могло бы пригодиться ему в будущем. Для моряка, плавающего на каботажном судне, вопрос дня - это время прилива. Это время меняется изо дня в день; завтра будет на час или больше позже, чем сегодня, и нет очень простого правила, которое можно было бы сформулировать. Поэтому моряк с радостью приветствовал бы любое правило, которым он руководствовался бы в вопросе такой важности. Мы можем высказать предположение относительно того, каким образом такое правило было впервые открыто. Давайте предположим, что моряк в Кале, например, направляется в гавань. У него прекрасная ночь — полная луна; она направляет его в пути; он благополучно добирается до гавани; и на следующее утро он обнаруживает прилив между 11 и 12 часами. [45] Он часто повторяет одно и то же плавание, но иногда обнаруживает низкий и неудобный прилив по утрам. В конце концов, однако, ему приходит в голову, что *когда у него лунная ночь*, в 11 часов начинается прилив. Это происходит один или два раза: он думает, что это всего лишь случайное совпадение. Это происходит снова и снова. В конце концов он обнаруживает, что это происходит всегда. Он рассказывает правило другим морякам; они тоже пробуют его. Неизменно обнаруживается, что в полнолуние прилив всегда повторяется в один и тот же час в одном и том же месте. Таким образом, устанавливается связь между луной и приливом, и разумный моряк, естественно, будет сравнивать другие фазы луны со временем прилива. Он обнаруживает, например, что луна в первой четверти всегда дает прилив в один и тот же час дня; и, наконец, он получает практическое правило, с помощью которого по состоянию луны он может сразу определить время, когда в порту, где он работает, будет высокий прилив. Прилежный наблюдатель проследит еще большую связь между Луной и приливами; он заметит, что некоторые приливы поднимаются выше других, что некоторые приливы опускаются ниже других. Это вопрос большой практической важности. Когда нужно пересечь опасную полосу, моряк будет чувствовать себя в большей безопасности, зная, что его переносит через нее во время весеннего прилива; или, если ему приходится бороться с приливными течениями, которые в некоторых местах имеют огромную силу, он, естественно, предпочтет для своего путешествия ближний прилив, при котором сила этих течений меньше обычного. Весенние приливы и отливы неар станут ему знакомы, и он поймет, что весенние приливы происходят в полнолуние или новолуние - или, во всяком случае, что весенние приливы происходят в пределах определенного постоянного количества дней после полнолуния или новолуния. Несомненно, именно благодаря подобным рассуждениям в первобытные времена была осознана связь между луной и приливами.

Однако только после того, как великое открытие Ньютона раскрыло закон всемирного тяготения, стало возможным дать физическое объяснение приливам и отливам. Тогда было видно, как Луна притягивает всю землю и каждую частицу земли. Было видно, как жидкие частицы, образующие океаны на земле, смогли подчиняться притяжению так, как этого не могли твердые части. Когда луна находится над головой, она имеет тенденцию поднимать воду, так сказать, в кучу внизу, и таким образом вызывать прилив. Вода на противоположной стороне земли также подвергается воздействию таким образом, которого поначалу можно было бы и не ожидать. Луна притягивает твердое тело земли с большей интенсивностью, чем она притягивает воду на другой стороне, которая находится на большем расстоянии от нее. Таким образом, земля удаляется от воды, и поэтому существует тенденция к приливу как на

стороне земли, обращенной к Луне, так и на стороне, обращенной к Луне. Промежуточные позиции занимают отливы.

Солнце также вызывает приливы и отливы на земле; но из-за большого расстояния от солнца разница между его притяжением к морю и к твердой внутренней части земли не столь заметна. Таким образом, солнечные приливы меньше лунных. Когда эти двое вступают в сговор, они вызывают весенний прилив; когда солнечный и лунный приливы противоположны, мы имеем прилив neap.

Однако существует множество обстоятельств, которые необходимо принять во внимание, когда мы пытаемся применить это общее рассуждение к условиям конкретного случая. Из-за местных особенностей приливы и отливы сильно различаются в разных частях побережья. В замкнутом пространстве, таком как Средиземное море, приливы и отливы имеют сравнительно небольшой диапазон, варьируясь в разных местах от одного фута до нескольких футов. В середине океана приливы и отливы также невелики и составляют, например, около трех футов на острове Святой Елены. Вблизи больших континентальных массивов приливы и отливы сильно изменяются из-за побережья. В Лондоне мы наблюдаем прилив в восемнадцать или девятнадцать футов; но самые замечательные приливы на Британских островах - это приливы в Бристольском проливе, где в Чепстоу или Кардиффе во время весенних приливов высота приливов достигает тридцати семи или тридцати восьми футов, а во время приливов neap достигает двадцати восьми или двадцати девяти. Эти приливы превосходят по своей величине другие части света. Самые сильные из всех приливов - в заливе Фанди, в некоторых местах которого подъемы и опускания во время весенних приливов составляют не менее пятидесяти футов.

Подъем и спад прилива обязательно сопровождаются образованием течений. Такие течения действительно хорошо известны, и в некоторых из наших великих рек они имеют огромное значение. Эти потоки воды, как и потоки воды любого другого вида, можно заставить выполнять полезную работу. Мы можем, например, задержать поднимающуюся воду в водохранилище, а во время отлива заставить заключенную в нем воду вращать водяное колесо, прежде чем она вернется в море. Здесь у нас действительно есть источник реальной энергии; но только в очень необычных обстоятельствах оказывается экономичным использовать приливы и отливы для этой цели. Этот вопрос может быть подвергнут расчету, и можно вычислить площадь резервуара, которая удерживала бы достаточное количество воды для приведения в действие водяного колеса с заданной мощностью в лошадиных силах. Можно показать, что площадь водохранилища, необходимая для сбора воды, достаточной для выработки 100 лошадиных сил, составила бы 40 акров. Тогда весь вопрос сводится к простому вопросу о расходах: будут ли строительство и техническое обслуживание этого резервуара более или менее дорогостоящими, чем возведение и техническое обслуживание паровой машины эквивалентной мощности? В большинстве случаев, казалось бы, последнее было бы намного дешевле; во всяком случае, мы практически не находим используемых приливных двигателей, так что энергия приливов в настоящее время расходуется впустую. Экономические аспекты дела могут, однако, очень глубоко измениться в какую-нибудь отдаленную эпоху, когда наши запасы топлива, которые сейчас так щедро расходуются, будут давать заметные признаки приближающегося истощения.

Однако приливы и отливы *выполняют работу* того или иного рода. Прилив в устье реки иногда смывает берег и уносит его материалы в другое место. У нас здесь проделана работа и потреблено энергии точно так же, как если бы та же задача была выполнена инженерами, направляющими мощные руки землекопов. Мы знаем, что работа не может быть выполнена

без потребления энергии в некоторых ее формах; откуда же тогда берется энергия, которая обеспечивает силу приливов и отливов? На первый взгляд ответ на этот вопрос кажется совершенно очевидным. Разве мы не говорили, что приливы и отливы вызываются Луной? и не должна ли энергия, следовательно, поступать от Луны? Это кажется достаточно очевидным, но, к сожалению, это неправда. Это один из тех случаев, которые отнюдь не редки в Динамике, когда правда сильно отличается от того, что кажется на самом деле. Возможно, иллюстрация прояснит этот вопрос. Когда стреляют из винтовки, палец стрелка нажимает на спусковой крючок; но должны ли мы тогда сказать, что энергия, с помощью которой пуля была выпущена, была предоставлена стрелком? Конечно, нет; энергия, конечно, вырабатывается благодаря пороху, и все, что сделал стрелок, - это обеспечил средства, с помощью которых энергия, накопленная в порохе, могла быть высвобождена. В определенной степени мы можем сравнить это с проблемой приливов; приливы, вызываемые Луной, являются исходной причиной, по которой извлекается определенный запас энергии и применяется для выполнения такой работы, которую способны выполнять приливы. Этот запас энергии, как ни странно, находится не на Луне, а в самой земле. Действительно, чрезвычайно примечательно, что Луна действительно получает энергию от приливов и отливов, сама поглощая часть запасов, которые есть на земле. Это не выдвигается как очевидный результат; это зависит от уточненной динамической теоремы.

Мы должны ясно понимать природу этого могучего запаса энергии, из которого черпают свою силу приливы и отливы и за счет которого луне позволено создавать большие и непрекращающиеся осадки. Давайте посмотрим, в каком смысле говорится, что земля обладает запасом энергии. Мы знаем, что земля совершает один оборот вокруг своей оси каждый день. Именно это вращение является источником энергии. Давайте сравним вращение земли с вращением маховика, принадлежащего паровой машине. Вращение маховика на самом деле является резервуаром, в который двигатель вливает энергию при каждом ходе поршня. Различные машины на заводе, приводимые в действие двигателем, просто используют запас энергии, накопленный в маховике. Землю можно сравнить с гигантским маховиком, отделенным от двигателя, хотя все еще связанным с машинами на мельнице. Из-за своих колоссальных размеров и высокой скорости этот огромный маховик обладает огромным запасом энергии, которая должна быть израсходована, прежде чем маховик остановится. Следовательно, хотя приливы и отливы вызываются Луной, все же необходимая для них энергия получается простым использованием части огромного запаса, получаемого за счет вращения Земли.

Однако существует различие очень фундаментального характера между землей и маховиком двигателя. Поскольку энергия отводится от маховика и потребляется различными машинами на мельнице, она постоянно заменяется свежей энергией, которая поступает от усилий паровой машины, и таким образом поддерживается скорость маховика. Но земля - это маховик без двигателя. Когда приливы и отливы извлекают запас энергии и расходуют ее на выполнение работы, эта энергия не восполняется. Следствие непреодолимо: энергия вращения Земли должна уменьшаться. Это приводит к следствию чрезвычайной важности. Если двигатель отсоединить от маховика, то, как всем известно, массивный маховик все еще может совершить несколько оборотов, но он быстро остановится. Аналогичный вывод следует сделать и в отношении земли; но ее запасы энергии настолько огромны по сравнению с требованиями, которые к ней предъявляются, что земля способна продержаться. Должны пройти века бесчисленной продолжительности, прежде чем энергия вращения земли сможет быть полностью исчерпана такими осадками, какие способны создавать приливы. Тем не менее, неизбежно верно, что энергия уменьшается; и если она уменьшается, то скорость вращения земли должна обязательно, хотя и медленно,

уменьшаться. Теперь мы подошли к следствию из "приливов", которое допускает изложение самым простым языком. Если скорость вращения уменьшается, то продолжительность дня должна увеличиваться; и, следовательно, мы приходим к следующему наиболее важному утверждению: *приливы и отливы увеличивают продолжительность дня.*

Сегодняшний день длиннее вчерашнего - завтрашний будет длиннее сегодняшнего. Разница настолько мала, что даже по прошествии веков вряд ли можно сказать, что она была четко установлена наблюдением. Мы не претендуем на то, чтобы сказать, сколько веков прошло с тех пор, когда день был хотя бы на секунду короче, чем сейчас; но столетия - это не те единицы измерения, которые мы используем в приливной эволюции. Миллион лет назад вполне вероятно, что отклонение продолжительности дня от его нынешнего значения могло быть очень значительным. Давайте бросим взгляд назад, в глубокие глубины прошедших времен, и посмотрим, что могут рассказать нам приливы и отливы. Если нынешний порядок вещей сохранился, то день, должно быть, становился все короче и короче по мере того, как мы оглядывались назад, в туманное прошлое. Сейчас в сутках двадцать четыре часа; когда-то было двадцать часов, когда-то десять часов; когда-то было шесть часов. Сколько еще мы можем пройти? По прошествии шести часов мы начинаем приближаться к пределу, который в какой-то момент должен ограничить нашу ретроспективу. Чем короче день, тем больше выпуклость земли на экваторе; чем больше выпуклость земли на экваторе, тем больше нагрузка, оказываемая на материалы земли центробежной силой ее вращения. Если бы земля вращалась слишком быстро, она не смогла бы собраться воедино; она развалилась бы на куски, подобно тому, как слишком быстро вращающийся точильный камень раскалывается на части от насилия. Таким образом, здесь, в отдаленном прошлом, мы видим барьер, который останавливает настоящий спор. Существует определенная критическая скорость, которая является наибольшей, которую земля могла бы выдержать без риска разрушения, но точная величина этой скорости - вопрос, на который не очень легко ответить. Это зависит от природы материалов земли; это зависит от температуры; это зависит от воздействия давления и от других деталей, которые нам точно не известны. Однако была произведена оценка критической скорости, и математически показано, что самый короткий период вращения, который могла бы совершить земля, не разлетаясь на куски, составляет около трех-четырёх часов. Таким образом, доктрина приливной эволюции привела нас к выводу, что в какую-то невообразимо отдаленную эпоху земля вращалась вокруг своей оси за период, приблизительно равный трем или четырем часам.

Таким образом, мы узнаем, что постепенным удлинением суток с их первоначального значения до двадцати четырех часов мы обязаны луне. Повинуясь одному из самых глубоких законов природы, земля отреагировала на Луну, и реакция земли приняла ощутимую форму. Она просто заключалась в постепенном отдалении Луны от земли. Вы можете заметить, что это удаление Луны напоминает ответный удар со стороны Земли. Последствия отступления Луны достаточно примечательны. Траектория, по которой вращается Луна, в настоящее время имеет радиус 240 000 миль. Этот радиус, должно быть, постоянно увеличивается из-за приливов. Учитывая этот факт, давайте теперь вернемся к прошлой истории Луны. Поскольку расстояние до Луны увеличивается, когда мы смотрим вперед, мы обнаруживаем, что оно уменьшается, когда мы смотрим назад. Вчера Луна, должно быть, была ближе к земле, чем сегодня; разница, без сомнения, незначительна в годах, столетиях или тысячах лет; но когда мы подходим к миллионам лет, луна, должно быть, была значительно ближе, чем сейчас, пока, наконец, мы не обнаружим, что расстояние до нее вместо 240 000 миль сократилось до 40 000, 20 000, 10 000 миль. Нам также не нужно останавливаться — и мы не можем остановиться, — пока не обнаружим, что Луна действительно находится близко к поверхности Земли. Если нынешние законы природы действовали достаточно долго и если

не было никакого внешнего вмешательства, то нельзя сомневаться в том, что Луна и земля когда-то находились в непосредственной близости. Мы действительно можем рассчитать период, в течение которого Луна должна была вращаться вокруг земли. Чем ближе Луна к земле, тем быстрее она должна вращаться; и в критический период, когда спутник находился в непосредственной близости от нашей земли, он должен был совершать каждый оборот примерно за три-четыре часа.

Это привело к одному из самых смелых предположений, которые когда-либо делались в астрономии. Мы не можем удержаться от того, чтобы высказать это, но следует помнить, что это всего лишь предположение, и к нему следует относиться с соответствующей сдержанностью. Это предположение призвано ответить на вопрос, что привело Луну в такое положение, близко к поверхности Земли? Мы только скажем, что есть серьезные основания полагать, что Луна в какой-то очень ранний период откололась от земли, когда земля была в мягком или пластичном состоянии.

В начале истории мы обнаружили, что земля и Луна находятся близко друг к другу. Мы обнаружили, что скорость вращения Земли составляла всего несколько часов вместо двадцати четырех. Мы обнаружили, что Луна завершила свой путь вокруг первобытной земли точно за то же время, когда первобытная земля вращалась вокруг своей оси, так что два тела постоянно находились лицом к лицу. Такое положение вещей сформировало то, что математик описал бы как случай неустойчивого динамического равновесия. Это не могло продолжаться долго. Это можно сравнить с иглой, балансирующей на острие; игла должна упасть в ту или иную сторону. Точно так же луна не могла продолжать сохранять это положение. Оставалось два пути: луна должна была либо упасть обратно на землю и вновь погрузиться в массу земли, либо она должна была начать свое внешнее путешествие. Какой из этих курсов должна была избрать луна? Возможно, у нас нет возможности точно узнать, что именно направило Луну по одному пути, а не по другому, но относительно того, какой курс был выбран на самом деле, сомнений быть не может. Тот факт, что Луна существует, показывает, что она не вернулась на землю, а начала свое внешнее путешествие. Поскольку Луна удаляется от земли, ей, в соответствии с законами Кеплера, должно потребоваться больше времени для завершения своего обращения. Таким образом, случилось так, что с первоначального периода, составляющего всего несколько часов, продолжительность увеличилась до тех пор, пока не достигла нынешнего числа в 656 часов. Вращение земли, конечно, также было изменено в соответствии с удалением Луны. Как только Луна начала удаляться, земля была освобождена от обязанности постоянно обращать к Луне одно и то же лицо. Когда Луна удалится на определенное расстояние, земля завершит оборот за меньшее время, чем требуется Луне для одного оборота. По-прежнему Луна удаляется все дальше и дальше, и продолжительность обращения увеличивается в соответствующей степени, пока три, четыре или более дня (или оборота земли) не совпадут с месяцем (или оборотом Луны). Хотя количество дней в месяце увеличивается, все же мы не должны предполагать, что скорость вращения земли увеличивается; на самом деле, наоборот. Вращение земли становится медленнее, как и вращение Луны, но замедление Луны больше, чем у земли. Хотя период вращения земли значительно увеличился по сравнению с его первоначальным значением, все же период обращения Луны увеличился еще больше, так что он в несколько раз превышает период обращения земли. С течением веков Луна удаляется все дальше и дальше, ее орбита увеличивается, продолжительность обращения увеличивается, пока, наконец, не наступает очень заметная эпоха, которая является, в некотором смысле, кульминационной точкой в развитии Луны. В эту эпоху периоды обращения Луны, измеряемые в периодах вращения Земли, достигают наибольшего значения. Кажется, что в месяце тогда было двадцать девять дней. Это, конечно, не означает, что месяц и день в ту

эпоху были месяцем и днем, как наши часы сейчас измеряют время. Тогда и то, и другое было короче, чем сейчас. Но мы имеем в виду, что в эту эпоху земля совершила двадцать девять оборотов вокруг своей оси, в то время как Луна совершила один оборот.

Эта эпоха уже позади. В настоящее время невозможно предпринять никаких попыток оценить дату той эпохи в наших обычных единицах измерения. В то же время, однако, не может быть никаких сомнений относительно неизмеримой древности этого события по сравнению со всеми историческими записями; но следует ли исчислять его сотнями тысяч лет, миллионами лет или десятками миллионов лет, в значительной степени зависит от догадок.

По прошествии этой замечательной эпохи мы обнаруживаем, что ход событий в системе Земля-Луна начинает приближаться к той замечательной заключительной стадии, которая имеет некоторые черты сходства с начальной стадией. Луна все еще продолжает вращаться по орбите, диаметр которой неуклонно, хотя и очень медленно, растет. Соответственно, продолжительность месяца увеличивается, а поскольку вращение земли по-прежнему постоянно замедляется, продолжительность дня также постоянно растет. Но отношение продолжительности месяца к продолжительности дня теперь изменилось. Это соотношение постепенно увеличивалось, с единицы в начале, до максимального значения где-то около двадцати девяти в только что упомянутую эпоху. Теперь это соотношение снова начинает снижаться, пока мы не обнаруживаем, что земля совершает всего двадцать восемь оборотов вместо двадцати девяти за один оборот Луны. Уменьшение соотношения продолжается до тех пор, пока число двадцать семь не будет выражать дни в месяце. Здесь, опять же, мы имеем эпоху, которую невозможно передать без специальных комментариев. Во всем, что до сих пор было сказано, мы имели дело с событиями далекого прошлого; и в конце концов мы добрались до нынешнего состояния системы Земля-Луна. Дни в эту эпоху - это хорошо известные нам дни, месяц - это хорошо известный период обращения нашей луны. В настоящее время месяц составляет примерно двадцать семь наших дней, и это соотношение оставалось разумно верным на протяжении тысячелетий. Это будет оставаться разумно верным в течение тысячелетий, но не будет оставаться верным бесконечно. Это всего лишь этап в этом грандиозном преобразовании; для нашего эфемерного взгляда оно может обладать атрибутами постоянства, подобно тому, как крылья комара кажутся неподвижными при освещении электрической искрой; но когда мы рассматриваем историю с точки зрения представлений о времени, достаточно обширных для астрономии, мы понимаем, что нынешнее состояние системы Земля-Луна не может иметь большего постоянства, чем любой другой этап в истории.

Однако теперь наше повествование должно принять иную форму. Мы говорили о прошлом; нас привели в настоящее; можем ли мы сказать что-нибудь о будущем? И здесь нам на помощь снова приходят приливы и отливы. Если мы правильно поняли истинность динамики (а кто сейчас может в этом сомневаться?), мы сможем сделать прогноз дальнейших изменений в системе Земля-Луна. Если не произойдет прерывания из какого-либо внешнего источника, неизвестного нам в настоящее время, мы можем предсказать — во всяком случае, в общих чертах — последующее движение Луны. Мы можем видеть, как Луна по-прежнему будет следовать своим внешним курсом. Путь, по которому он движется, будет развиваться крайне медленно, но все же он всегда будет расти; во всяком случае, прогресс не будет обращен вспять до тех пор, пока не будет достигнут заключительный этап нашей истории. Мы не будем сейчас задерживаться на промежуточных стадиях; мы скорее попытаемся обрисовать окончательный тип, к которому стремится наша система. В

отдаленном будущем — через бесчисленные миллионы лет — мы приблизимся к этой заключительной стадии. Соотношение месяца к дню, о снижении которого мы уже упоминали, будет продолжать снижаться. Период обращения Луны будет становиться все длиннее и длиннее, но продолжительность суток будет увеличиваться гораздо быстрее, чем увеличивается продолжительность периода обращения Луны. От месяца в двадцать семь дней мы перейдем к месяцу в двадцать шесть дней и так далее, пока не достигнем месяца в десять дней и, наконец, месяца в один день.

Давайте четко поймем, что мы подразумеваем под месяцем из одного дня. Мы имеем в виду, что время, за которое Луна обращается вокруг земли, будет равно времени, за которое земля вращается вокруг своей оси. Продолжительность этого дня, конечно, будет значительно больше нашего. Единственный элемент неопределенности в этих исследованиях возникает, когда мы пытаемся придать числовую точность утверждениям. По-видимому, столь же верно, как и законы динамики, что состояние системы Земля-Луна, в котором день и месяц равны, должно быть в конечном счете достигнуто; но когда мы пытаемся указать продолжительность этого дня, мы привносим в исследование опасный элемент. Давая какую-либо оценку его протяженности, следует понимать, что величина указывается с большим запасом. В некоторой степени она может быть ошибочной, хотя, возможно, и не в сколь-нибудь значительной степени. Продолжительность этого великого дня, по-видимому, примерно равна пятидесяти семи нашим дням. Другими словами, в какой-то критический момент в чрезвычайно отдаленном будущем земле потребуется около 1400 часов, чтобы совершить оборот, в то время как Луна завершит свой путь точно за то же время.

Таким образом, мы видим, как в некоторых отношениях первая стадия системы Земля-Луна и последняя стадия похожи друг на друга. В каждом случае мы имеем день, равный месяцу. В первом случае день и месяц составляли лишь малую часть нашего дня; на последнем этапе каждый день и месяц являются большим кратным нашему дню. Однако существует глубокий контраст между первой критической эпохой и последней. Мы уже упоминали, что первая эпоха была эпохой нестабильности — она не могла длиться долго; но это второе состояние является состоянием динамической стабильности. Как только это состояние будет достигнуто, оно станет постоянным и сохранялось бы вечно, если бы землю и Луну можно было изолировать от любого внешнего вмешательства.

Есть одна особенность, которая характеризует движение, когда месяц равен дню. Небольшое размышление покажет, что в этом случае земля должна постоянно поворачиваться к Луне одной и той же стороной. Если день равен месяцу, то земля и луна должны вращаться вместе, как бы связанные невидимыми узами; и какое бы полушарие земли ни было обращено к Луне, когда начнется такое положение вещей, оно будет оставаться там до тех пор, пока день остается равным месяцу.

Здесь едва ли возможно избежать напоминания о той характерной особенности движения Луны, которая наблюдалась с незапамятных времен. Мы имеем в виду, конечно, тот факт, что Луна в настоящее время постоянно обращена к земле одной и той же стороной.

Астрономы обязаны дать физическое объяснение этому замечательному факту. Луна совершает оборот вокруг нашей Земли один раз за определенное количество секунд. Если луна всегда поворачивается к земле одной и той же стороной, то демонстрируется, что луна также совершает оборот вокруг своей оси один раз за такое же количество секунд. Это было бы совпадением, совершенно невероятным, если бы не существовало какой-то физической причины, объясняющей это. Нам не нужно далеко ходить в поисках причины: это явление вызвано приливами на Луне. Теперь мы обнаруживаем, что поверхность Луны неровная, что

свидетельствует о существовании интенсивной вулканической активности в прежние времена. Эти вулканы сейчас молчат — внутренний огонь на Луне, кажется, иссяк; но было время, когда луна, должно быть, представляла собой раскаленную и полурасплавленную массу. Было время, когда материалы Луны были настолько горячими, что были мягкими и податливыми, и в этой мягкой и податливой массе притяжение нашей земли вызывало огромные приливы. У нас нет исторических записей об этих приливах (они были задолго до появления телескопов, вероятно, они были задолго до существования человеческой расы), но мы знаем, что эти приливы когда-то существовали благодаря проделанной ими работе, и эту работу можно увидеть сегодня по постоянному обращению Луны к земле. Плавные подъемы и опускания океанов, которые формируют наши приливы, представляют картину, сильно отличающуюся от приливов, которыми когда-то волновалась Луна. Приливы на Луне были значительно сильнее, чем на Земле. Они были больше, потому что вес земли больше веса Луны, так что земля смогла вызвать на Луне гораздо более мощные приливы, чем Луна когда-либо была способна вызвать на земле.

То, что луна должна поворачиваться к земле одной и той же стороной, непосредственно зависит от условия, что луна должна вращаться вокруг своей оси точно за тот же период, который требуется ей для обращения вокруг земли. Приливы и отливы являются регулирующей силой с неослабевающей эффективностью, гарантирующей соблюдение этого условия. Если бы луна вращалась медленнее, чем следовало, то огромные потоки лавы тащили бы Луну по кругу все быстрее и быстрее, пока она не достигла бы желаемой скорости; и тогда, но не раньше, они даровали бы Луне покой. Или, если бы луна вращалась вокруг своей оси быстрее, чем по орбите, снова яростно вступили бы в игру приливы и отливы; но на этот раз они были бы заняты замедлением вращения Луны, пока не снизили бы скорость Луны до одного оборота на каждый оборот.

Сможет ли луна когда-нибудь вырваться из-под власти приливов и отливов? На этот вопрос не очень легко ответить, но, возможно, не кажется невозможным, что Луна в какой-то момент в будущем может освободиться от контроля приливов. Действительно, очевидно, что приливы и отливы даже в настоящее время не имеют того чрезвычайно строгого контроля над Луной, который они когда-то осуществляли. Сейчас мы не видим на Луне океана, а на вулканах нет никаких следов расплавленной лавы. На Луне вряд ли могут быть приливы, но на Луне могут быть приливы. Возможно, внутренняя часть Луны все еще достаточно горячая, чтобы сохранять заметную степень текучести, и если это так, контроль приливов все еще удерживал бы Луну в своих тисках; но, вероятно, наступит время, если оно еще не наступило, когда луна будет холодной до центра — холодной, как температура космоса. Если бы материалы Луны были тем, что математик назвал бы абсолютно твердым, не могло бы быть никаких сомнений в том, что приливы больше не могли бы существовать, и Луна была бы освобождена от контроля над приливами. Кажется невозможным предсказать, насколько луна может когда-либо соответствовать условиям реального твердого тела, но можно предположить, что в какой-то момент в будущем контроль над приливами практически прекратится. Тогда больше не было бы необходимости отождествлять период вращения с периодом обращения. Таким образом, в астрономии отдаленного будущего появляется проблеск надежды. Мы знаем, что время обращения Луны увеличивается, и до тех пор, пока может действовать регулятор приливов, время вращения должно увеличиваться соответствующим образом. Теперь мы предположили состояние вещей, при котором контроль отсутствует. Тогда ничто не мешает вращению оставаться таким, как сейчас, в то время как период обращения увеличивается. Привилегия увидеть обратную сторону Луны, которой были лишены все предыдущие астрономы, таким образом, в отдаленном будущем может быть предоставлена их преемникам.

Приливы, которые Луна вызывает на земле, действуют как тормоз вращения земли. Теперь они постоянно стремятся к тому, чтобы период вращения земли совпал с периодом обращения Луны. Поскольку луна совершает оборот один раз в двадцать семь дней, Земля в настоящее время вращается слишком быстро, и, следовательно, контроль приливов в настоящий момент направлен на замедление вращения земли. Вращение Луны давно перешло под контроль приливов, но это было потому, что Луна была сравнительно маленькой, а приливная сила Земли была огромной. Но это противоположный случай. Земля большая и массивнее Луны, приливы, вызываемые Луной, но малы и слабы, и земля еще не полностью поддалась приливному воздействию. Но приливы постоянны, они ни на мгновение не ослабляют усилий по контролю и постепенно приводят к совпадению дня и месяца, хотя прогресс очень медленный.

Теория приливов заставляет нас заглядывать в будущее, в отдаленную перспективу, при которой луна обращается вокруг Земли за период, равный суткам, так что два тела будут постоянно поворачиваться одной и той же стороной друг к другу, при условии, что система контроля приливов все еще способна направлять вращение Луны. Что касается взаимодействия земли и Луны, то такое расположение обладает всеми атрибутами постоянства. Если, однако, мы рискнем спроецировать наш взгляд на еще более отдаленное будущее, мы сможем разглядеть внешнюю причину, которая должна помешать этому взаимному приспособлению между землей и Луной стать вечным. Приливы, вызываемые Луной на земле, настолько больше, чем те, которые вызываются солнцем, что в ходе наших предыдущих рассуждений мы мало учитывали приливы, вызываемые солнцем. Очевидно, что это лишь приблизительный метод решения вопроса. Влияние солнечного прилива заметно, и его важность относительно лунного прилива будет постепенно возрастать по мере приближения земли и Луны к заключительной критической стадии. Солнечные приливы будут иметь эффект постоянного дальнейшего торможения вращения Земли. Следовательно, из этого следует, что после того, как день и месяц сравняются, продолжительность дня будет еще больше замедляться. Таким образом, мы видим, что в отдаленном будущем мы обнаружим, что Луна обращается вокруг Земли за более короткое время, чем за то, за которое земля вращается вокруг своей оси.

Наиболее поучительным подтверждением этих взглядов является открытие спутников Марса. Планета Марс - один из самых маленьких членов нашей системы. Ее масса составляет всего восьмую часть массы Земли. У такой маленькой планеты, как Марс, энергии вращения, подлежащей разрушению, гораздо меньше, чем у такой крупной, как Земля. Следовательно, можно ожидать, что малая планета будет развиваться гораздо быстрее, чем большая; следовательно, мы могли бы ожидать, что Марс и его спутники достигли более продвинутой стадии своей истории, чем в случае с Землей и ее спутником.

Когда в 1877 году мир был поражен открытием спутников Марса, ни одна особенность не вызвала такого изумления, как периодичность обращения внутреннего спутника. Мы уже указывали в [главе X](#), как Фобос обращается вокруг Марса за период в 7 часов 39 минут. Период вращения самого Марса составляет 24 часа 37 минут, и, следовательно, мы имеем факт, не имеющий аналогов в солнечной системе, что спутник на самом деле вращается в три раза быстрее, чем вращается планета. Едва ли можно сомневаться в том, что солнечные приливы на Марсе уменьшили скорость его вращения только что предложенным способом.

Мне всегда казалось, что вопрос, о котором только что шла речь, является одним из самых интересных и поучительных во всей истории астрономии. Во-первых, у нас есть очень

красивое телескопическое открытие мельчайших спутников Марса, и у нас есть определение аномального движения одного из них. Затем мы нашли удовлетворительное физическое объяснение причины этого явления и показали, что это поразительный пример эволюции приливов. Наконец, мы увидели, что система Марса и его спутника на самом деле является предсказанием судьбы, которая по прошествии веков ожидает систему Земля-Луна.

Кажется естественным задаться вопросом, в какой степени влияние приливов могло способствовать формированию планетарных орбит. Обстоятельства здесь сильно отличаются от тех, с которыми мы сталкивались в системе Земля-Луна. Давайте сначала сформулируем проблему в определенной форме. Солнечная система состоит из солнца в центре и планет, вращающихся вокруг солнца. Эти планеты вращаются вокруг своих осей; и вокруг некоторых планет у нас есть свои системы спутников. Для простоты мы можем предположить, что все планеты и их спутники вращаются в одной плоскости, а планеты вращаются вокруг осей, перпендикулярных этой плоскости. При изучении теории эволюции приливов мы должны в основном руководствоваться глубоким динамическим принципом, известным как сохранение "момента импульса". Доказательство этого великого принципа здесь не предпринимается; достаточно сказать, что он может быть строго выведен из законов движения и, таким образом, лишь уступает по достоверности фундаментальным истинам обычной геометрии или алгебры. Возьмем, к примеру, планету-гиганта Юпитер. За одну секунду она поворачивается вокруг Солнца под определенным углом. Если мы умножим массу Юпитера на этот угол, а затем умножим произведение на квадрат расстояния от Юпитера до солнца, мы получим определенную величину. Математик называет эту величину "орбитальным" моментом импульса Юпитера. [46] Таким же образом, если мы умножим массу Сатурна на угол, на который планета перемещается за одну секунду, и это произведение на квадрат расстояния между планетой и солнцем, то получим орбитальный момент импульса Сатурна. Аналогичным образом мы определяем момент импульса для каждой из других планет из-за обращения вокруг Солнца. Мы также должны определить момент импульса планет вокруг их осей. За одну секунду Юпитер поворачивается на определенный угол; мы умножаем этот угол на массу Юпитера и на квадрат определенной прямой, которая зависит от его внутреннего строения: произведение образует "вращательный" момент импульса. Аналогичным образом мы находим вращательный момент импульса для каждой из других планет. Каждый спутник совершает оборот на определенный угол вокруг своего основного объекта за одну секунду; мы получаем момент импульса каждого спутника, умножая его массу на угол, описанный за одну секунду, а затем умножая произведение на квадрат расстояния спутника от его основного объекта. Наконец, мы вычисляем момент импульса солнца, обусловленный его вращением. Это мы получаем, умножая угол, на который солнце поворачивается за одну секунду, на всю массу солнца, а затем умножая произведение на квадрат определенной линии огромной длины, которая зависит от деталей внутреннего строения солнца.

Если нам удалось объяснить, что подразумевается под моментом импульса, то формулировка великого закона сравнительно проста. Прежде всего, мы должны заметить, что момент инерции любой планеты может изменяться. Оно изменилось бы, если бы изменилось расстояние планеты от солнца или если бы изменилась скорость, с которой планета вращается вокруг своей оси; точно так же может измениться момент импульса солнца, а значит, и момент импульса спутников. Вначале нашей системе было передано определенное общее количество моментов импульса, и ни одна частица из этого общего количества не может быть растратчена или отчуждена Солнечной системой в целом. Какими бы ни были взаимные действия различных тел системы, каким бы возмущениям они ни подвергались - какие приливы и отливы могут возникать или даже какие взаимные

столкновения могут происходить, — необходимо соблюдать великий закон сохранения момента импульса. Если некоторые тела в солнечной системе теряют момент импульса, то другие тела в системе должны набирать, так что общее количество должно оставаться неизменным. Это соображение имеет первостепенное значение в связи с приливами и отливами. Распределение момента импульса в системе постоянно изменяется под действием приливов; но, какими бы ни были приливы и отливы, общий момент импульса никогда не может измениться, пока отсутствуют внешние по отношению к системе воздействия.

Здесь мы должны указать на контраст между наделением нашей системы энергией и моментом импульса. Взаимные действия нашей системы, поскольку они производят тепло, имеют тенденцию к растрачиванию энергии, значительная часть которой может быть таким образом рассеяна и потеряна; но взаимные действия не способны рассеять момент импульса.

Общий момент импульса солнечной системы принимается равным 100, в настоящее время он распределен следующим образом:—

Орбитальный момент импульса Юпитера	60
Орбитальный момент импульса Сатурна	24
Орбитальный момент импульса Урана	6
Орбитальный момент импульса Нептуна	8
Вращательный момент импульса Солнца	2
	—
	100

Вклад других элементов чрезмерно мал. Орбитальные моменты импульса нескольких внутренних планет составляют немногим более одной тысячной доли от общего количества. Вклад всех планет и их спутников во вращение намного меньше и составляет не более одной шестидесятитысячной части от общего числа. Поэтому, когда мы изучаем общее влияние приливов и отливов на орбиты планет, эти мелочи могут быть упущены из виду. Мы, однако, сочли бы желательным еще больше сузить круг вопросов и сосредоточить наше внимание на одной великолепной иллюстрации. Возьмем солнце и планету Юпитер и, предположив, что все остальные тела нашей системы отсутствуют, обсудим влияние приливов, вызываемых Солнцем на Юпитере, и приливов на солнце - Юпитером.

Можно было бы поспешно предположить, что точно так же, как Луна произошла от земли, планеты произошли от солнца и постепенно вернулись под действием приливов к своему нынешнему состоянию. У нас есть средства исследовать этот вопрос с помощью только что приведенных цифр, и мы покажем, что невозможно, чтобы Юпитер или любая другая планета когда-либо были намного ближе к солнцу, чем они находятся в настоящее время. В случае с Юпитером и солнцем мы имеем момент импульса, состоящий из трех составляющих. Безусловно, самый крупный из этих объектов связан с обращением по орбите Юпитера, следующий - с солнцем, третий - с вращением Юпитера вокруг своей оси. Мы можем выразить их в круглых числах следующим образом:—

Орбитальный момент импульса Юпитера	600,000
Вращательный момент импульса Солнца	20,000

Солнце вызывает приливы на Юпитере, эти приливы замедляют вращение Юпитера. Они заставляют Юпитер вращаться все медленнее, поэтому момент импульса Юпитера уменьшается, следовательно, его текущее значение 12 должно уменьшаться. Даже само могущественное солнце может быть отвлечено приливами. Юпитер вызывает приливы на солнце, эти приливы замедляют движение солнца, и, следовательно, момент импульса солнца уменьшается, и из обеих причин следует, что величина в 600 000 должна увеличиваться; другими словами, орбитальное движение Юпитера должно увеличиваться, или Юпитер должен удаляться от солнца. Таким образом, в этой степени система солнце-Юпитер аналогична системе Земля-Луна. Как приливы на земле отталкивают Луну, так и приливы на Юпитере и солнце постепенно отдаляют два тела друг от друга. Но между этими двумя случаями есть глубокая разница. Можно доказать, что приливы, производимые на Юпитере солнцем, более эффективны, чем те, которые производятся на солнце Юпитером. Следовательно, вклад солнца в настоящее время может быть опущен; так что практически увеличение орбитального момента импульса Юпитера теперь достигается за счет того, что накоплено вращением Юпитера. Но что такое 12 по сравнению с 600 000? Даже когда весь вращательный момент импульса Юпитера и его спутников будет поглощен орбитальным движением, едва ли будет заметная разница в последнем. В древние времена мы действительно могли предположить, что Юпитер, будучи более горячим, был крупнее, чем сейчас, и что у него был значительно больший вращательный момент. Но вряд ли возможно, чтобы Юпитер когда-либо обладал моментом импульса, в сто раз превышающим тот, который он имеет в настоящее время. Тем не менее, даже если бы 1200 единиц вращательного момента были переданы орбитальному движению, это соответствовало бы лишь самой тривиальной разнице в расстоянии Юпитера от солнца. Следовательно, мы уверены, что приливы и отливы не привели к заметному изменению размеров орбиты Юпитера или других крупных планет.

Однако придет время, когда вращение Юпитера вокруг своей оси будет постепенно ослабевать под влиянием приливов и отливов. Затем будет обнаружено, что момент импульса вращения Солнца будет постепенно расходоваться на увеличение орбит планет, но поскольку этот запас составляет всего около двух процентов. из всего количества в нашей системе это не может произвести какого-либо значительного эффекта.

Теория приливной эволюции, которая в руках профессора Дарвина так многому научила нас в отношении прошлой истории систем спутников Солнечной системы, несомненно, также, как указал доктор Си, будет обнаружена для объяснения сильно эксцентричных орбит систем двойных звезд. В системе Земля-Луна мы имеем два тела, чрезвычайно отличающихся по объему, масса земли примерно в восемьдесят раз больше массы Луны. Но в случае большинства двойных звезд мы имеем дело с двумя телами, не сильно отличающимися по массе. Можно продемонстрировать, что первоначально орбита должна была иметь небольшой эксцентриситет, но что приливное трение способно не только расширять, но и удлинять ее. Ускоряющая сила значительно больше в периастроне (когда два тела находятся ближе всего друг к другу), чем в апастроне (когда их расстояние больше всего). Следовательно, в периастроне возмущающая сила увеличит расстояние до апастрона на огромную величину, в то время как в апастроне она увеличивает расстояние до периастрона на очень небольшую величину. Таким образом, в то время как эллипс постепенно расширяется, орбита становится все более и более эксцентричной, пока осевые вращения не будут в достаточной степени уменьшены за счет передачи осевого момента импульса на орбиту.

А теперь мы должны завершить эту главу, хотя есть много других тем, которые можно было бы включить. Теория эволюции приливов и отливов действительно представляет исключительный интерес. Более ранние математики тратили свой труд на определение динамики системы, состоящей из твердых тел. Мы в долгу перед современными математиками за открытие небесной механики на основе более реального предположения о том, что тела не являются твердыми; другими словами, что они подвержены приливам и отливам. Математические трудности значительно возросли, но проблема в большей степени соответствует природе и уже привела к некоторым из самых замечательных астрономических открытий, сделанных в наше время.

Теперь наша История о Небесах рассказана. Мы начали эту работу с рассказа о механических и оптических средствах астрономии; мы закончили ее кратким описанием интеллектуального метода исследования, который раскрывает некоторые небесные явления, происходившие за столетия до существования человеческой расы. Мы говорили о тех объектах, которые находятся сравнительно близко к нам, а затем, шаг за шагом, перешли к далеким туманностям и скоплениям, которые, по-видимому, лежат на границах видимой вселенной. И все же, как мало мы можем увидеть даже в наши величайшие телескопы по сравнению со всей протяженностью бесконечного космоса! Какой бы ни была необъятная глубина звучания наших инструментов, все же существует запредельная бесконечность. Представьте себе огромный шар, описанный в пространстве, шар таких колоссальных размеров, что он должен включать солнце и его систему, все звезды и туманности и даже все объекты, которые могут вообразить наши ограниченные способности. И все же, какое отношение должен иметь объем этого огромного шара ко всей протяженности бесконечного пространства? Это соотношение бесконечно меньше, чем то, которое имеет вода в одной капле росы по отношению к воде во всем Атлантическом океане.

ПРИЛОЖЕНИЕ.

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ.

Солнце.

Среднее расстояние Солнца от земли составляет 92 900 000 миль; его диаметр - 866 000 миль; его средняя плотность по сравнению с водой равна 1·4; его эллиптичность незаметна; оно совершает оборот вокруг своей оси за период от 25 до 26 дней.

Луна.

Среднее расстояние Луны от Земли составляет 239 000 миль. Диаметр Луны составляет 2160 миль; а ее средняя плотность по сравнению с водой составляет 3 · 5. Время обращения вокруг земли составляет 27·322 дня.

Планеты.

Расстояние от Солнца в миллионах Миль.			Периоди чность в днях.	Средний диаметр в милях.	Осевое вращени е.	Плотност ь по
Среднее	Наимень	Наиболь				

	значение	шир.	шир.				с водой.
Ртуть	36·0	28·6	43·3	87·969	3,030	(?)	6·85(?)
Венера	67·2	66·6	67·5	224·70	7,700	(?)	4·85
Земле	92·9	91·1	94·6	365·26	7,918	23 56 4·09	5·58
Марс	141	128	155	686·98	4,230	24 37 22·7	4·01
Юпитера	483	459	505	4,332·6	86,500	9 55 —	1·38
Сатурн	886	834	936	10,759	71,000	14 10 —	0·72
Уран	1,782	1,700	1,860	30,687	31,900	Неизвест ных	1·22
Нептуна	2,792	2,760	2,810	60,127	34,800	Неизвест ных	1·11

Спутники Марса.

	Среднее расстояние от центра Марса.	Периодическое время.		
		часов.	минут.	секунд.
Фобос	5800 миль	7	39	14
Деймос	14500 миль	30	17	54

Спутники Юпитера.

	Среднее расстояние от Центра Юпитера.	Периодическое время.			
		дни.	часы.	минуты.	секунды.
Новый Внутренний спутник Барнард	112 500 миль	0	11	57	22
I.	261 000 миль	1	18	27	34
II.	415 000 миль	3	13	13	42
III.	664 000 миль	7	3	42	33
IV.	1,167,000 миль	16	16	32	11

Спутники Сатурна.

	Среднее расстояние от Центра сатурна.	Периодическое время.			
		дн.	часов.	мин.	сек.
Мимас	115,000 милях	0	22	37	6
Энцелад	милей 148,000	1	8	53	7
Тетис	183,000 миль	1	21	18	26
Дионы	235,000 миль	2	17	41	9
Реи	329,000 миль	4	12	25	12
Титан	760,000 миль	15	22	41	27
Гипериона	921,000 милях	21	6	38	31
Япет	2,215,000 миль	79	7	56	40

Спутники Урана.

	Среднее расстояние от Центра Урана.	Периодическое время.			
		дни.	часы.	минуты.	секунды.
Ариэль	119 000 миль	2	12	29	21
Умбриэль	166 000 миль	4	3	27	37
Титания	272 000 миль	8	16	56	30
Оберон	364 000 миль	13	11	7	6

Спутник Нептуна.

	Среднее расстояние от Центра Нептуна.	Периодическое время.			
		дни.	часы.	минуты.	секунды.
Спутник	220 000 миль	5	21	2	44

СНОСКИ:

[1] Можно, однако, отметить, что звезду никогда не *видно* заходящей, поскольку из-за нашей атмосферы она перестает быть видимой до того, как достигнет горизонта.

[2] "Популярная астрономия", стр. 66.

[3] *Лимб* - слово, используемое астрономами для обозначения *края* или окружности видимого диска небесного тела.

[4] "Солнце", стр. 119.

[5] Часто заявлялось, что за вспышкой в 1859 году, свидетелями которой были Кэррингтон и Ходжсон, немедленно последовала необычайно сильная магнитная буря, но записи в Кью и Гринвиче показывают, что магнитные возмущения в тот день носили очень незначительный характер.

[6] Какой-то неуклюжий критик заметил, что у самого поэта, похоже, возникли сомнения по этому поводу, потому что он дополнил сомнительные лунные лучи "тускло горящим фонарем". Было также сделано более щедрое, хотя и несколько оптимистичное замечание о том, что "придет время, когда свидетельства этого стихотворения возобладают над любыми астрономическими расчетами".

[7] Этот эскиз скопирован с разрешения the very beautiful view в Messrs. Книга Нэсмита и Карпентера, из которой она состоит *на лусте XI*. То же самое относится и к другим иллюстрациям лунного пейзажа на *лустях VIII., IX.* Фотографии были получены мистером Нэсмитом с моделей, тщательно сконструированных по его рисункам для иллюстрации особенностей Луны. За последние двадцать лет фотография полностью вытеснила рисование на глаз при описании лунных объектов. Парижская обсерватория и обсерватория Лика опубликовали длинную серию великолепных фотографий лунных пейзажей.

[8] На собрании Британской ассоциации в Кардиффе в 1892 году проф. Коупленд продемонстрировал модель Луны, на которой появление полос вблизи полной луны было прекрасно показано с помощью небольших сфер из прозрачного стекла, прикрепленных к поверхности.

[9] Продолжительность затенения, или, другими словами, промежуток времени, в течение которого луна скрывает звезду, была бы немного короче расчетного времени, если бы у луны была атмосфера, способная ощутимо преломлять свет от звезды. Но пока наши наблюдения не указывают на это с уверенностью.

[10] Своими знаниями по этому предмету я обязан доктору Дж. Джонстону Стоуни, Ф.Р.С. Возникли некоторые разногласия относительно того, кто создал оригинальную и поучительную доктрину, изложенную здесь в общих чертах.

[11] Пространство, описываемое падающим телом, пропорционально произведению силы на квадрат времени. Сила изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния от

земли, так что пространство будет изменяться в квадрате времени и обратно пропорционально квадрату расстояния. Следовательно, если расстояние увеличить в шестьдесят раз, то время также должно увеличиться в шестьдесят раз, если мы хотим, чтобы пройденное пространство осталось прежним.

[12] Смотрите "Популярную астрономию" Ньюкомба, стр. 78.

[13] Недавнее исследование Ньюкомбом движения Меркурия привело к тому, что гипотеза о планете или кольце очень маленьких планет между орбитой Меркурия и Солнцем не может объяснить разницу между теорией и наблюдениями в движениях Меркурия. Харцер пришел к тому же результату и показал, что возмущающим элементом, возможно, является материал Солнечной короны.

[14] "Солнце: его планеты и их спутники". Лондон: 1882 (стр. 147).

[15] Джеймс Грегори в книге по оптике, написанной в 1667 году, уже предлагал использовать для этой цели прохождение Венеры.

[16] См. "Астрономия и астрофизика", № 128.

[17] См. "Астрономия и астрофизика", № 128.

[18] Это изогнутая маркировка, которая на [табличке XVIII](#). расположена на 290° долготы и к северу от (то есть ниже) экватора. Здесь, как и на всех астрономических рисунках, север находится у подножия, а юг - наверху. См. выше, стр. 82 ([глава III](#)).

[19] Сейчас директор обсерватории Лик.

[20] гелиометр представляет собой телескоп с разрезанным пополам по диаметру предметным стеклом. Одна или обе эти половинки перемещаются в поперечном направлении с помощью винта. Каждая половинка дает полное изображение объекта. Измерения производятся путем наблюдения за тем, на сколько оборотов винта изображение звезды, образованное одной половиной стекла, совпадает с изображением планеты, образованным другой.

[21] См. "Астрономия и астрофизика", № 109.

[22] Справедливо добавить, что некоторые наблюдатели полагают, что в исключительных обстоятельствах точки Юпитера демонстрируют некоторую слабую степень собственного свечения.

[23] Профессор Пикеринг из Кембриджа, Массачусетс, однако, добился важного улучшения измерения фотометром снижения освещенности спутника, находящегося в состоянии затмения. От результатов таких наблюдений можно ожидать гораздо большей точности.

[24] "Популярная астрономия Ньюкомба", стр. 336.

[25] См. Грант, "История физической астрономии", стр. 255.

[26] Сейчас директор обсерватории Лик.

[27] Мы здесь пренебрегаем орбитальным движением Сатурна, благодаря которому вся система движется к земле или от нее, но поскольку это движение является общим для шара и кольца, оно не нарушит взаимного расположения трех спектров.

[28] Согласно Prof. По последним данным Барнарда, диаметр Титана составляет 2700 миль. Это спутник, открытый Гюйгенсом; он шестой по порядку от планеты.

[29] Выдержка из "Трех городов России" К. Пяцци Смита, том ii., стр. 164: "В 1796 году. Затем случилось так, что Георг III из Великобритании был рад послать в подарок российской императрице Екатерине десятифутовый телескоп-рефлектор, сконструированный сэром Уильямом Гершелем. Ее Величество немедленно пожелала испытать его силы, и Румовского вызвали из Академии на ремонт в Царское Село, где в то время проживал Двор. Соответственно, телескоп был распакован, и в течение восьми долгих вечеров подряд императрица усердно занималась наблюдениями за луной, планетами и звездами; и более того, интересовалась состоянием астрономии в своих владениях. Именно тогда Румовский представил императорскому взору идею Академии о демонтаже их обсерватории, подробно описав необходимость и преимущества такого шага. "Северная Семирамида", "Полярная звезда", любезно ознакомились со всеми этими подробностями и горячо одобрили проект; но смерть прервала ее карьеру в течение нескольких недель после этого и помешала ей осуществить задуманное".

[30] Смотрите книгу профессора Холдена "Сэр Уильям Гершель, его жизнь и труды".

[31] Араго говорит, что "записи Лемонье были воплощением хаоса". Бувар показал Араго одно из наблюдений за Ураном, написанное на бумажном пакете, в котором в свое время находилась пудра для волос.

[32] Яркость первой кометы 1884 года также внезапно увеличилась, в то время как отчетливый диск, который до сих пор формировал ядро, превратился в тонкую светящуюся точку.

[33] Три числа 12, 1 и 1/4 почти обратно пропорциональны атомным весам водорода, углеводородного газа и паров железа, и именно по этой причине Бредичин предложил вышеупомянутый состав различных типов хвостов. Спектроскопических доказательств присутствия водорода пока нет.

[34] Эта иллюстрация, а также рисунок траектории метеоров взяты из интересной лекции доктора Г.Дж. Стоуни "История ноябрьских метеоров", прочитанной в Королевском институте в 1879 году.

[35] 27 ноября 1885 года кусок метеоритного железа упал в Мазапиле, в Мексике, во время ливня Андромеды, но был ли он частью роя, неизвестно. Однако следует отметить, что, как говорят, в конце ноября метеориты падали и в нескольких других случаях.

[36] В 1664 году Гук заметил, что звезда Гамма Ариетис двойная.

[37] Возможно, если бы мы могли наблюдать звезды без вмешательства атмосферы, голубые звезды были бы более распространены. Поглощение атмосферы особенно влияет на зеленоватые и голубоватые цвета. Профессор Лэнгли дает нам веские основания полагать, что само солнце было бы голубым, если бы не воздействие воздуха.

[38] Склонение звезды - это дуга, проведенная от звезды к экватору под прямым углом к последнему.

[39] Расстояние в 61 Лебедь, однако, снова было исследовано профессором Асафом Холлом из Вашингтона, который получил результат значительно меньший, чем предполагалось

ранее; с другой стороны, фотографические исследования профессора Притчарда подтверждают результаты Струве и те, что были получены в Дансинке.

[40] Этим рисунком я обязан доброте господ. De la Rue.

[41] См. *Главу XIX*, посвященную массе Сириуса и его спутника.

[42] Поскольку земля движется в телескопе со скоростью 18 миль в секунду, а свет движется со скоростью, близкой к 180 000 миль в секунду, из этого следует, что скорость телескопа составляет примерно одну десятитысячную часть скорости света. В то время как свет движется вниз по трубе длиной 20 футов, телескоп, следовательно, переместится на десятитысячную часть 20 футов - т.е. на сороковую долю дюйма.

[43] Смотрите "Популярную астрономию" Ньюкомба, стр. 508, где открытие этого закона приписывается мистеру Дж. Гомеру Лейну из Вашингтона. Теория сжатия принадлежит Гельмгольцу.

[44] Теория приливной эволюции, изложенная в этой главе, в основном основана на исследованиях профессора Г.Х. Дарвина, Ф.Р.С.

[45] Время зависит от населенного пункта: в Кале будет 11.49; в Ливерпуле - 11.23; в Суонси-Бей - 5.56 и т.д.

[46] Определившись с единицами массы, угла и расстояния, которые мы намерены использовать для измерения этих величин, тогда любая масса, или угол, или расстояние выражаются определенным числом. Таким образом, если мы примем массу Земли за единицу массы, угол, на который она перемещается за секунду, за единицу угла и ее расстояние от Солнца за единицу расстояния, мы обнаружим, что аналогичные величины для Юпитера выражаются числами 316, 0.0843 и 5.2 соответственно. Следовательно, его орбитальный момент импульса равен $316 \times 0.0843 \times (5.2)^2$.